

Ondřej Nepor

Inovace modelu parkovacího domu

Innovation of the Parking House Model

Bakalářská práce

Vedoucí práce:
doc. Ing. Miroslav Mahdal, Ph.D.

Ostrava 2021

Bibliografický záznam

Autor: Ondřej Nepor

Název práce: Inovace modelu parkovacího domu

Studijní program: B1241 – Strojírenství

Vedoucí práce: doc. Ing. Miroslav Mahdal, Ph.D.

Akademický rok: 2020/2021

Počet stran: 51

Klíčová slova

automatický parkovací dům, Arduino, infračervený senzor, optický senzor

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

NEPOR, O. Inovace modelu parkovacího domu r: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, katedra automatizační techniky a řízení, 2021, 51 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Miroslav Mahdal, Ph.D.

Bakalářská práce se zaměřuje na inovaci senzoru používaného v automatickém parkovacím domě a jeho následnému využití v propojení s vývojovými deskami Arduino. V rámci inovace senzoru bylo vyzkoušeno mnoho řešení a typů senzorů, a posléze vybráno to nejspolehlivější řešení.

Obsahem bakalářské práce je rovněž návrh garážového stání a garážových vrat modelu automatického parkovacího domu. Navrhnuté modifikace a inovace senzoru byly ověřeny na vytvořeném zmenšeném modelu jednoho parkovacího stání a garážových vrat. Inovovaný senzor byl následně implementován do původního modelu.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

NEPOR, O. Innovation of the Parking House Model: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Control Systems and Instrumentation, 2021, 51 p. Thesis head: doc. Ing. Miroslav Mahdal, Ph.D.

This bachelor's thesis focuses on the innovation of sensors used in the automatic parking house and their subsequent use in conjunction with Arduino control board. As part of the sensor innovation, many solutions and types of sensors were tested, and then the most reliable solution was selected.

The content of the bachelor's thesis is also the design of a parking slot and the garage door of the automatic parking house model. The proposed modifications and innovations of the sensor were verified on the created scale model of one parking slot and garage door. The innovated sensor was then implemented into the original model.

Obsah

Seznam použitých zkratk	5
Úvod	6
1 Laboratorní model parkovacího domu	7
1.1 Konstrukce modelu	7
1.2 Řídicí systém	13
2 Problémové části modelu	16
2.1 Přítomnost automobilu	16
2.2 Bezpečnostní vrata	16
3 Navrhnutí modelu jednoho stání pro ověření všech úprav modelu.	18
3.1 Základní rám	18
3.2 Bezpečnostní dveře	19
3.3 Návrh senzoru přítomnosti automobilu	21
3.4 Další doplnění modelu	25
3.5 Připojení modelu k PLC	26
3.6 Komunikace PLC se senzory	28
3.7 Řízení motorů	28
4 Sestavení modelu	30
4.1 Základní rám	30
4.2 Výroba uzavíracích vrat	31
4.3 Návrh DPS	33
5 Řídicí program	36
5.1 Startovací procedura	36
5.2 Nekonečná smyčka	38
6 Implementace řešení do celkového modelu parkovacího domu	40
Závěr	41
Seznam použité literatury a zdrojů	44
Seznam příloh	45

Seznam použitých zkratk

IR	infrared / infračervený
LED	light-emitting diode / svítivá dioda
PLC	programmable logic controller / programovatelný automat
UART	universal asynchronous receiver-transmitter / univerzální asynchronní přijímač-vysílač
PWM	pulse-width modulation / pulzně-šířková modulace
PC	personal computer / osobní počítač
DPS	deska plošných spojů
AI	analog input / analogový vstup
DI	digital input / digitální vstup
DO	digital output / digitální výstup
TV	television / televize
Wi-Fi	Wireless Fidelity / Bezdrátová komunikace počítačových sítí
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition / systém supervizního řízení
HMI	Human–Machine Interface / rozhraní člověk stroj
RFID	Radio-Frequency Identification / rádiová frekvenční identifikace
USB	Universal Serial Bus / univerzální sériová sběrnice
COM	Communication port / Komunikační port

Úvod

Bakalářská práce se zabývá úpravou a inovací modelu automatického parkovacího domu, který vznikl v rámci diplomové práce na Vysoké škole Bánské – Technické univerzitě Ostrava.

Automatické parkovací domy mají v dnešní době velký význam, hlavně v místech, kde není prostor pro rozlehlá parkoviště a také kde je velká koncentrace aut. Takovými místy jsou například centra měst, kancelářské komplexy, obchodní domy apod. Na těchto místech se dnes řeší tento problém pomocí dvou a více patrových parkovacích domů. Jde o budovy samostatně stojící a nebo o parkovací prostory umístěné v suterénu budov. V obchodních centrech mohou být i ve formě parkoviště na střeše budovy. Toto řešení je funkční, ale vyžaduje větší plochu pro realizaci parkoviště oproti automatickému parkovacímu domu. Automatické parkovací domy mají i spoustu dalších výhod, jako je komfort parkování. Nehrozí při něm rovněž poškození automobilu vlivem neopatrnosti řidičů a spolujezdců.

Pro ukázkou funkce byl vytvořen v diplomové práci model automatického parkovacího domu pro demonstraci funkčnosti a úspory prostoru. Model také ukazuje celkový komfort parkování. Tento typ parkovacího domu může být použit i v nadzemní či podzemní variantě.

Na zmíněném modelu se objevilo několik nedostatků, které je třeba inovovat pro zajištění perfektní funkčnosti nezávisle na podmínkách. Z funkčního hlediska je také potřeba doplnit model o určité bezpečnostní prvky a chybějící garážová vrata.

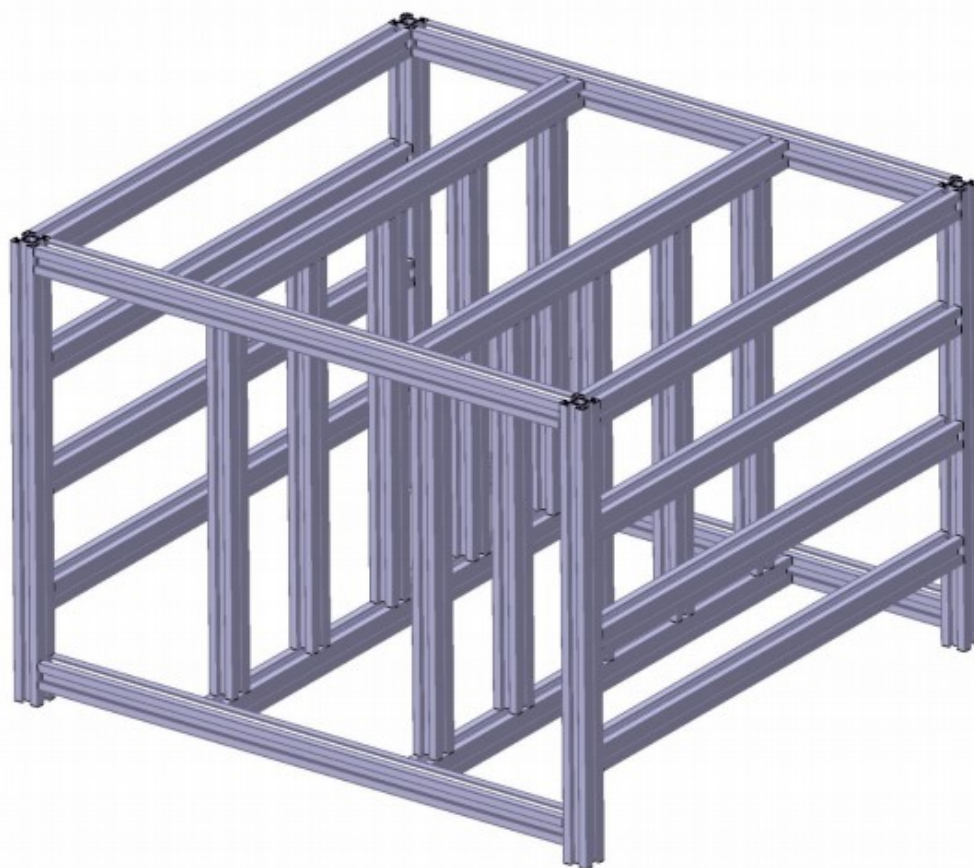
Pro možnost ověření všech vylepšení modelu parkovacího domu vznikl model jednoho stání, v kterém jsou naimplementována všechna vylepšení a opravena nefunkční řešení z velkého modelu automatického parkovacího domu. Nefunkční senzor přítomnosti automobilu bude vyměněn či modifikován. Prostor vjezdu bude osazen rolovacími vraty pro oddělení modelu za běhu, aby nemohlo dojít k poškození či zranění obsluhy.

1 Laboratorní model parkovacího domu

Model parkovacího domu byl navržen s přihlédnutím na velikost pro modely aut velikosti 1:24. Toto odpovídá 24 násobnému zmenšení oproti reálnému parkovacímu domu. Tato velikost byla zvolena z mnoha důvodů. Jedním a většinou i tím největším důvodem je cena. Zhotovit model reálné či méně zmenšené velikosti je mnohem nákladnější. Naopak model ještě menší je složitější s ohledem na technologii výroby. Z tohoto důvodu byl vybrána optimální velikost s ohledem k těmto faktorům. Dalším důvodem je celková velikost modelu, jelikož model je používán nejen v laboratoři ale také na mnoha ukázkách práce studentů univerzity. A posledním důvodem je také montážní náročnost. [3]

1.1 Konstrukce modelu

Hlavní rám modelu je sestaven z hliníkových stavebnicových profilů o rozměrech 30x30mm. Celková velikost modelu je na šířku 690 mm, hloubku 730 mm a na výšku 520 mm. Model je tvořen třemi parkovacími patry s celkovou kapacitou až pro 22 automobilů. [3]



Obrázek 1.1 – Hliníkový rám modelu – návrh [3]

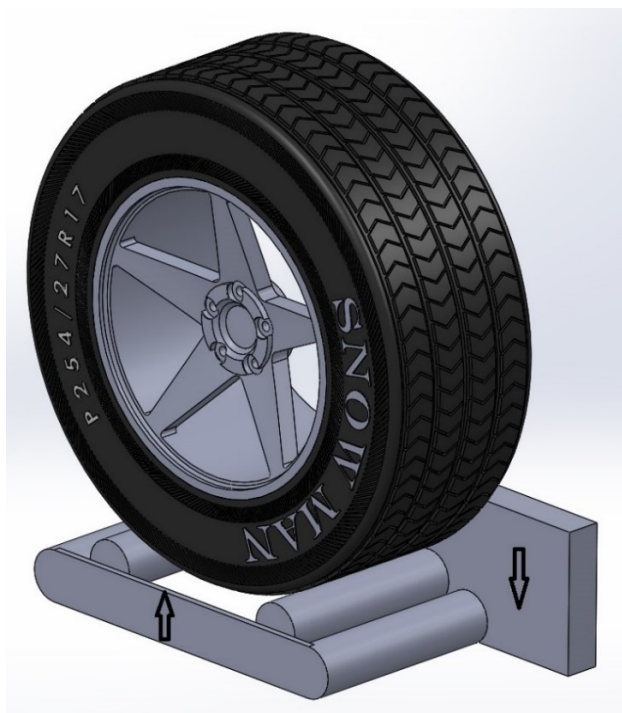
Jednou z pohyblivých částí parkovacího domu je dvouosý pohyblivý mechanismus, jehož funkce je pohybovat s autem ve dvou osách. Osa Z určuje patro a osa Y konkrétní parkovací stání. Mechanismus pohybu v ose Z se skládá ze čtyř vodících tyčí, které jsou uchyceny k rámu. Mezi těmi

na každé straně je umístěn krokový motor od firmy Microcon s označením SX17-1005LQCEF. Jedná se o velmi běžně používaný motor zejména v 3D tiskárnách a se standardizovanou velikostí NEMA 17. Tento motor přes pružnou spojku unáší trapézový šroub. Tento šroub dále pohybuje s celým rámem pro pohyb v ose Y. Rám pro pohyb Y obsahuje také dvě vodící tyče, které jsou uloženy na krajích v plastových dílech vyrobených technologií 3D tisku. V těchto výtiskách jsou nalisována lineární vodící ložiska, která jsou uložena ve vodících tyčích pro pohyb v ose Z. Výtisky také obsahují přípravu pro unášení vozíku na lineárních tyčích pomocí ozubeného řemene, a to na jedné straně krokovým motorem stejného typu jako pro pohyb v ose Z. Na straně druhé je řemen ovínut kolem ložiska. [3]



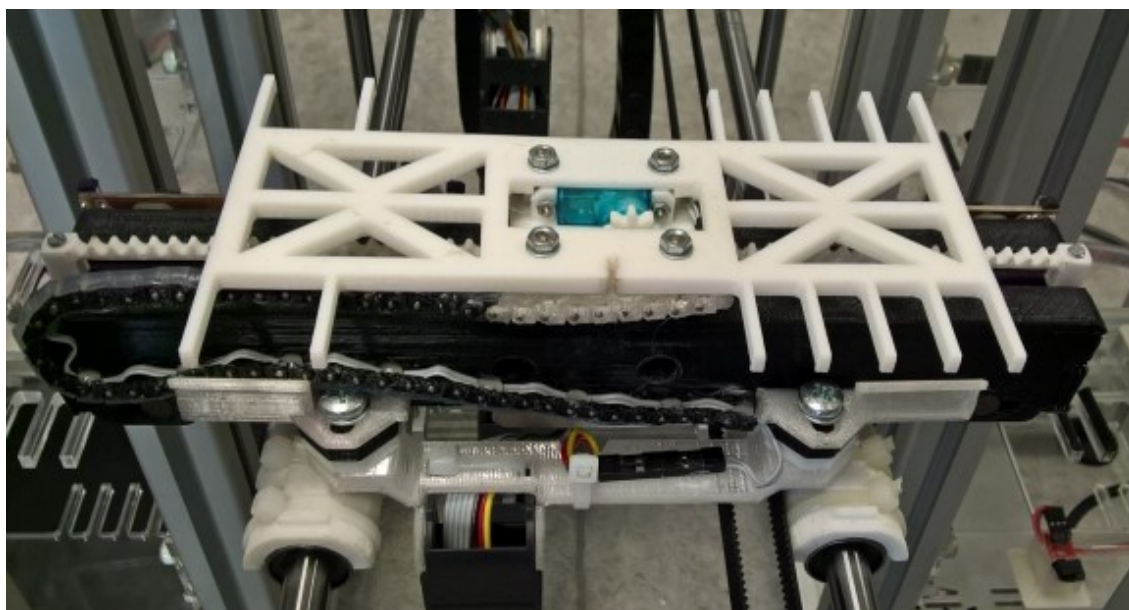
Obrázek 1.2 – Dvouosový pohybový systém – návrh [3]

Nejdůležitější a také nejsložitější mechanickou částí je základací mechanismus. Mechanismus je určen pro pohyb v ose X, a to pro vytažení či vtažení auta do jednotlivých parkovacích boxů. U obdobných systémů bývá využito předávání palet, na kterých je umístěn automobil. V tomto systému tomu tak není. Jednotlivá kola automobilu jsou uložena na tyčích s menší vzdáleností připevněných k rámu, kdežto základací mechanismus pracuje s obdobnými tyčemi uloženými v delší vzájemné vzdálenosti a tím je schopen snadno přebírat jednotlivá kola a tím celý automobil z parkovacích boxů. [3] Tento mechanismus je znázorněn na obrázku č. 1.3.



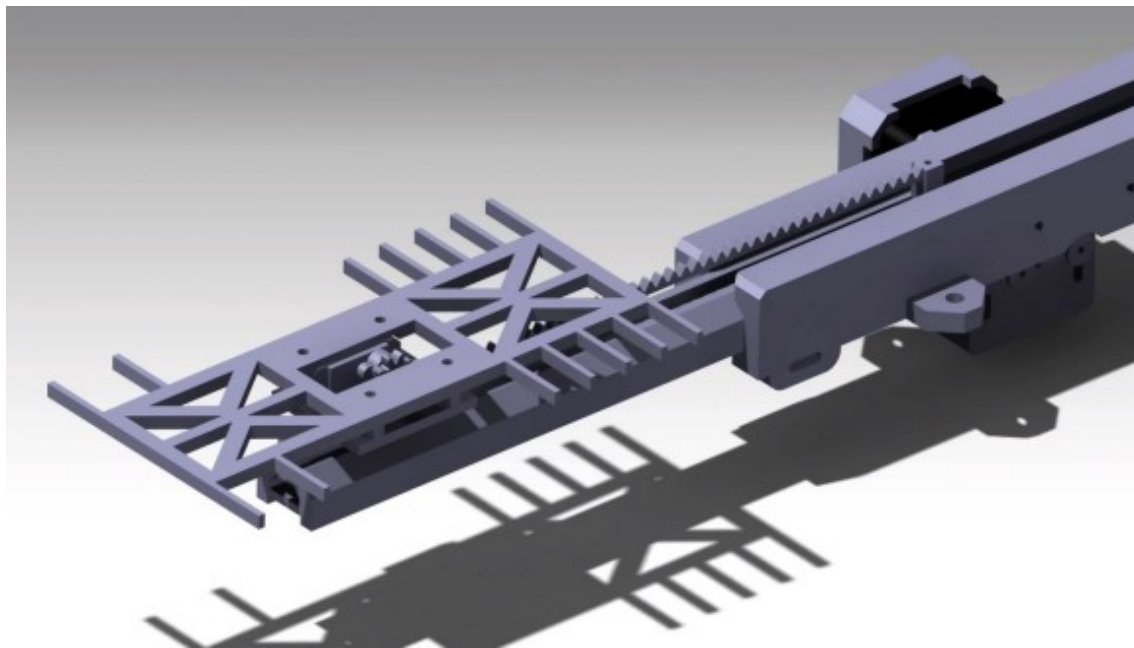
Obrázek 1.3 – Princip předávání automobilu základacím mechanismem [3]

Mechanismus je složen z víceúrovňového mechanismu vysouvání, aby bylo možno vysunout automobil až do parkovací pozice bez nutnosti dalšího předání automobilu. Mechanismus byl také vyroben technologií 3D tisku a složen z mnoha částí. První stupeň také používá krokový motor od firmy Microcon s označením SX17-1005LQCEF. Tento motor pohybuje s prvním stupněm také pomocí ozubeného řemene typu GT2. Řemen je uchycený vždy na konci prvního mechanismu z obou stran. Dále obsahuje složitý napínací mechanismus zajišťující jeho napnutí. [3]



Obrázek 1.4 – Detail pohybové části horizontální osy [3]

Druhý stupeň využívá modelářského micro serva, které je upraveno z maximálního rozsahu pohybu 140° odstraněním koncových dorazů na rotační stejnosměrný motor. Díky této úpravě bylo možno získat rotační motor s vysokým převodovým poměrem a velmi malou velikostí, která byla nezbytná k zástavbě do druhého vysouvacího stupně. Upravené servo je připojeno k ozubenému kolu, jenž zapadá do ozubeného hřebene, který prochází středem prvního stupně. Díky této konstrukci je schopen posuvový mechanismus pro osu X zakládat automobily do parkovacích boxů, a to na obě strany od středu. [3]



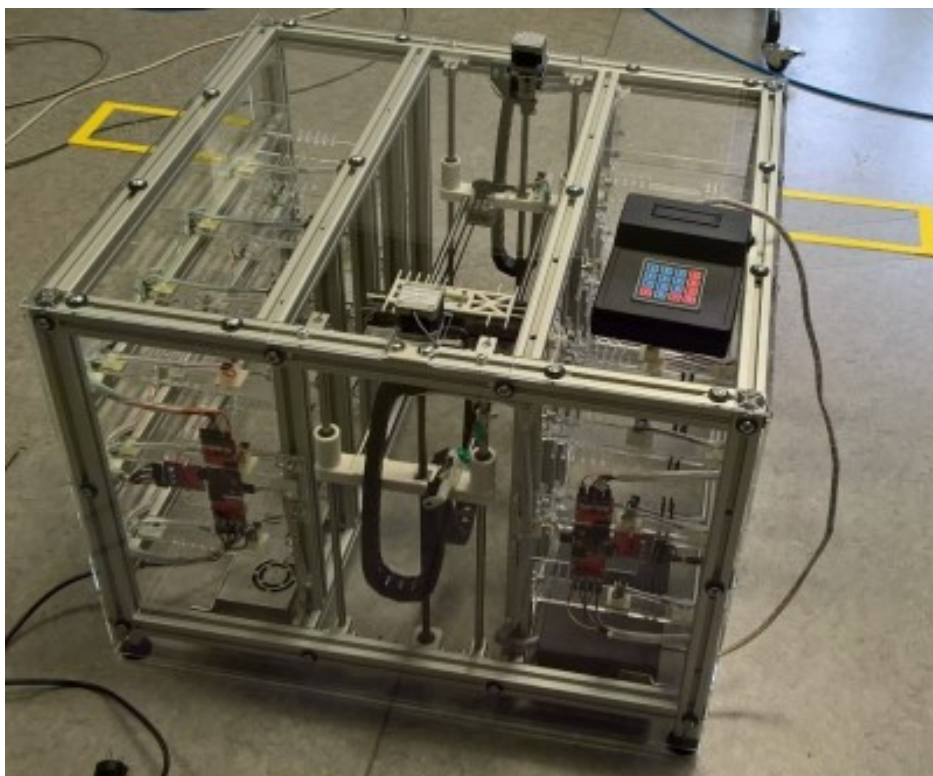
Obrázek 1.5 – Teleskopický mechanismus [3]

Konstrukce parkovacích boxů je vyrobena se stejného materiálu jako obal celého parkovacího domu. Materiál byl zvolen průhledný polymethylmethakrylát běžně známý jako plexisklo. Tvar podlahy parkovacích boxů je uzpůsoben zakládacímu mechanismu připomínajícímu žebřík s možností odebrání automobilu. Desky byly vyříznuty technologií řezání laserem a následně na kraji ohnuty za tepla, aby je bylo možno uchytit do rámu pomocí šroubů a maticek do profilu. Další důležité kritérium je mít kola automobilu ve stejné pozici parkovacího boxu, aby mechanismus pracoval spolehlivě. Pozice automobilu je zajištěna kolíbkou vytištěnou na 3D tiskárně, do které zapadnou přední kola automobilu a automobil je fixován. [3]



Obrázek 1.6 – Pevné parkovací pozice [3]

Ochranný kryt je vyroben, jak již bylo zmíněno, z polymethylmethakrylátu. Kryt je potřeba z důvodu ochrany modelu před případným poškozením ale také plní bezpečnostní funkci, aby nemohlo dojít ke zranění obsluhy. Kryt plní také funkci ochrany před prostředím, a to zejména prachem, který se usazuje na vodících tyčích a může způsobit poškození lineárních ložisek. Pro model byla potřeba průhlednost obalu, aby byla možnost demonstrovat na modelu jeho funkčnost. Plexisklo na rozdíl od jiných čirých materiálů, jako může být klasické sklo, dosahuje vysoké odolnosti a lze jej snadno zpracovat. [3]



Obrázek 1.7 – Ochranný kryt modelu [3]

Model obsahuje také při vjezdu a výjezdu nájezdovou rampu, která umožňuje jednoduché odšroubování z modelu, aby při přepravě nezvětšovala vnější rozměry a nehrozilo poškození ramp. Nájezdové rampy jsou také z plexiskla a zapadají do celkového vzhledu modelu. [3]



Obrázek 1.8 – Pozice pro vjezd do parkovacího domu [3]

1.2 Řídicí systém

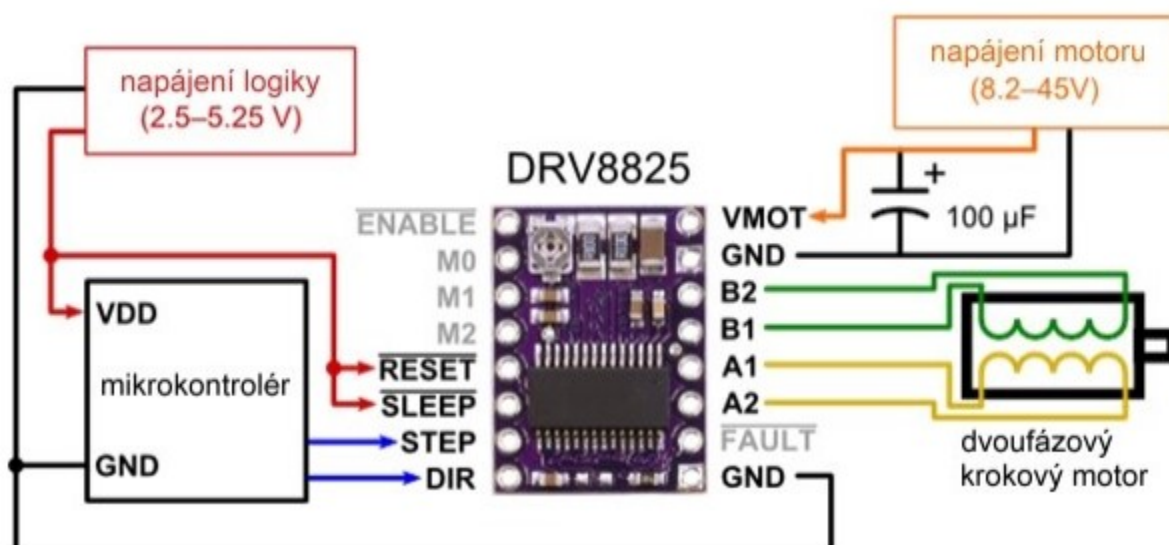
Jako každý sofistikovaný mechanismus, tak i parkovací dům musí obsahovat řídicí elektroniku. Model parkovacího domu obsahuje několik úrovní řízení, a to úrovně nižší, kterým jsou nadřazený úrovně vyšší.

Model parkovacího domu využívá mikro počítač Arduino s procesory ATmega od Atmelu. Arduino je jednoduchý počítač, který je určen pro výukové programy či řízení jednoduchých aplikací. Na rozdíl od počítačů k němu nelze jednoduše připojit klávesnici a monitor, ale lze jednoduše řídit led diody, motory a číst hodnoty ze senzorů. V reálném parkovacím domě by bylo místo jednoduchého micro počítače využito nějakého z velké řady PLC systémů, které umožňují mnohem více možností, připojení modulů vstupů, výstupů, řízení motorů atd., včetně bezpečnostních funkcí. Jako PLC by byl pravděpodobně použit model Simatic S7-1500 od firmy Siemens, k němuž lze připojit přidružený vizualizační systém. [3]



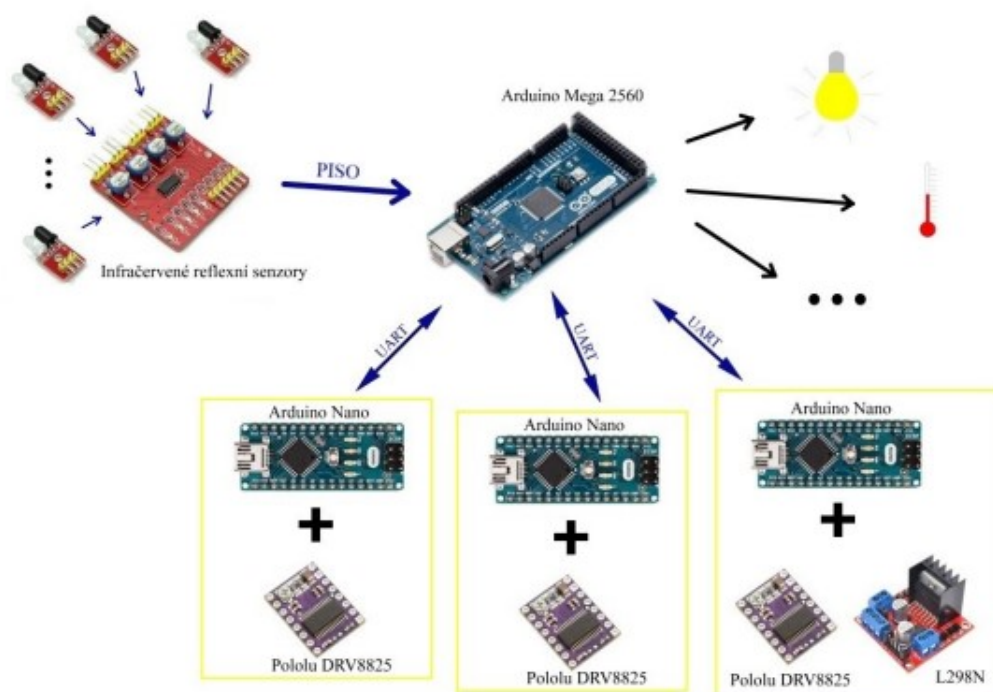
Obrázek 1.9 – PLC Siemens Simatic S7-1500 [5]

Model je rozdělen na jednotlivé části, a to pohyb v ose Z, pohyb v ose Y a víceúrovňový základací mechanismus. Každá z jednotlivých částí modelu je složena z motorů výkonové elektroniky a řídicího obvodu. Krokový motor od firmy Microcon s označením SX17-1005LQCEF a přírubou NEMA 17 je připojen k driveru krokových motorů od firmy Pololu s označením DRV8825. Pro řízení je použita kompaktní vývojová deska Arduino Nano. [3]



Obrázek 1.10 – Schéma zapojení driveru DRV8825 [3]

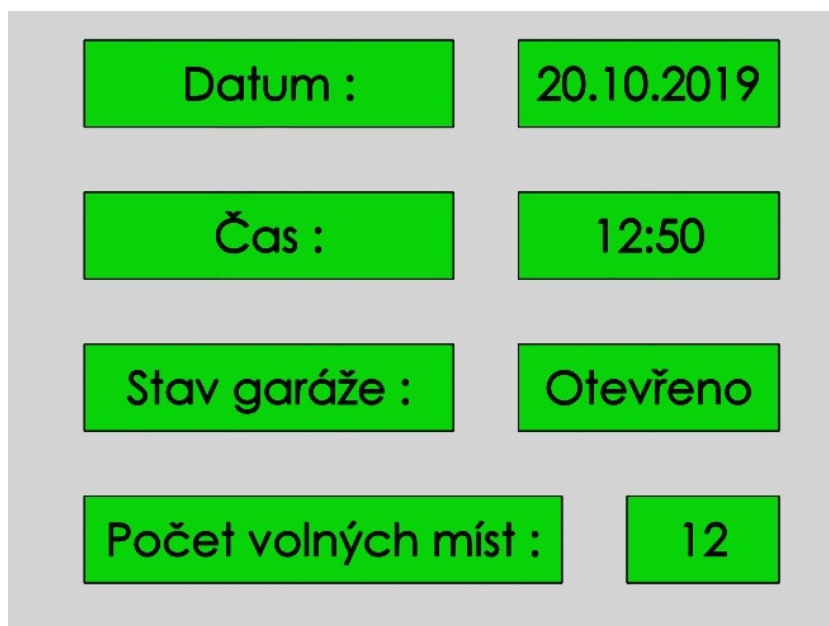
Druhou úroveň obsahuje výkonnější desku Arduino Mega 2560. Tato deska má na starosti řízení všech subsystémů nižších úrovní. Také sbírá data ze všech senzorů obsazenosti parkovacích pozic. Jednotlivé desky spolu komunikují pomocí protokolu UART. Tento protokol umožňuje řídit jednotlivé desky, a to i souběžně nezávisle jedné na druhé. Díky tomuto je umožněn pohyb ve dvou osách (Z a Y) pro rychlejší založení automobilu. [3]



Obrázek 1.11 – Schéma řídicího systému – návrh [3]

Další úroveň tvoří výstup na vizualizační systémy, kterými lze celý parkovací dům vizualizovat a dodat k němu obrazový výstup v přijatelných datech i pro člověka neznalého programovacího jazyka.

Vizualizace umožňuje zobrazovat chybová hlášení a vizualizovat obsazenost parkovacího domu a také jednotlivé pohyby os. [3]



Obrázek 1.12 – Vizualizační obrazovka

Model také obsahuje interní vizualizaci a ovládací panel, jenž je vytvořen membránovou klávesnicí a dvouřádkovým displejem. Na displeji se zobrazuje aktuální stav parkovacího domu a pomocí klávesnice lze přepínat jednotlivé módy domu. [3]



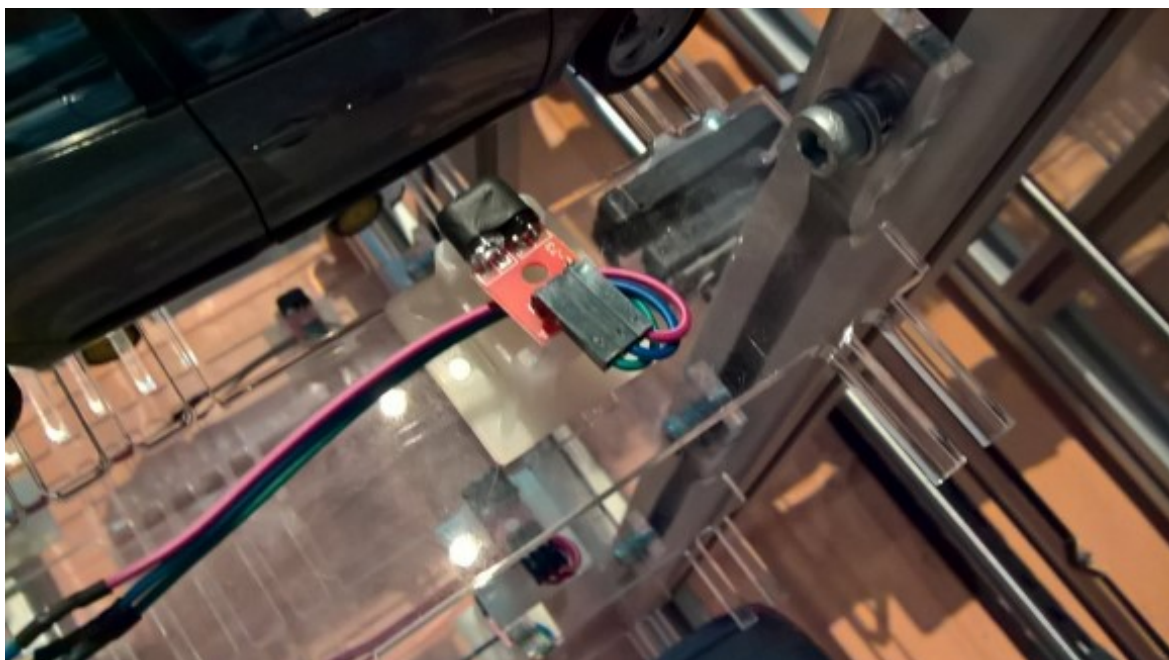
Obrázek 1.13 – Ovládací panel modelu [3]

2 Problémové části modelu

Jako na každém prototypovém zařízení se po čase používání ukážou řešení, která nebyla úplně vhodně zvolená. Samozřejmě i na modelu automatického domu se ukázaly problémové části.

2.1 Přítomnost automobilu

Jako problémová část při užívání modelu se ukázalo reflexní čidlo přítomnosti automobilu. Tento senzor je tvořen IR diodou, která vysílá proud infračerveného světla, jenž se odráží zpět od nějaké překážky, v tomto případě automobilu, k přijímacímu fototranzistoru. IR dioda vysílá světlo o vlnové délce 940 nm. Problém tohoto senzoru je sluneční svit, jenž vysílá světlo o spoustě jednotlivých vlnových délkách. Počínaje ultrafialovým přes viditelné spektrum s rozsahem 390-760 nm až po infračervené světlo stejné vlnové délky jako IR dioda. Z tohoto důvodu nelze model využívat v prostorech bohatých na denní světlo. Tento senzor je třeba vyměnit za senzor, kterému nevadí denní světlo či jej modifikovat odfiltrováním okolního světla. [4]



Obrázek 2.1 – Umístění reflexního snímače [3]

2.2 Bezpečnostní vrata

Další vylepšení modelu je automatické zavírání dveří v prostoru vjezdu a výjezdu z parkovacího domu. Model neobsahuje žádnou zábranu v oblasti vjezdu a výjezdu a může hrozit poškození základního mechanismu při běhu anebo případné zranění při neopatrném používání.



Obrázek 2.2 – Pozice pro vjezd do parkovacího domu [3]

3 Navrhnutí modelu jednoho stání pro ověření všech úprav modelu.

Pro ověření veškerých úprav na velkém modelu vznikl model pouze jednoho parkovacího stání. Tento model je vytvořen ze stejného materiálu jako celkový model parkovacího domu, aby byla zajištěna stejná světelná charakteristika a bylo možno ověřit funkci nového či modifikovaného snímače v různých světelných podmínkách od přímého slunce až po temné místnosti. Dále vjezdová či výjezdová vrata.

Model jednoho stání byl navržen podle jednoho stání v parkovacím domě, a to podle prostoru vjezdu. Pro výrobu jednoho stání jsou použité stejné materiály jako pro výrobu celého modelu automatického parkovacího domu, a to včetně hliníkových profilů 30x30 mm a plexiskla.

3.1 Základní rám

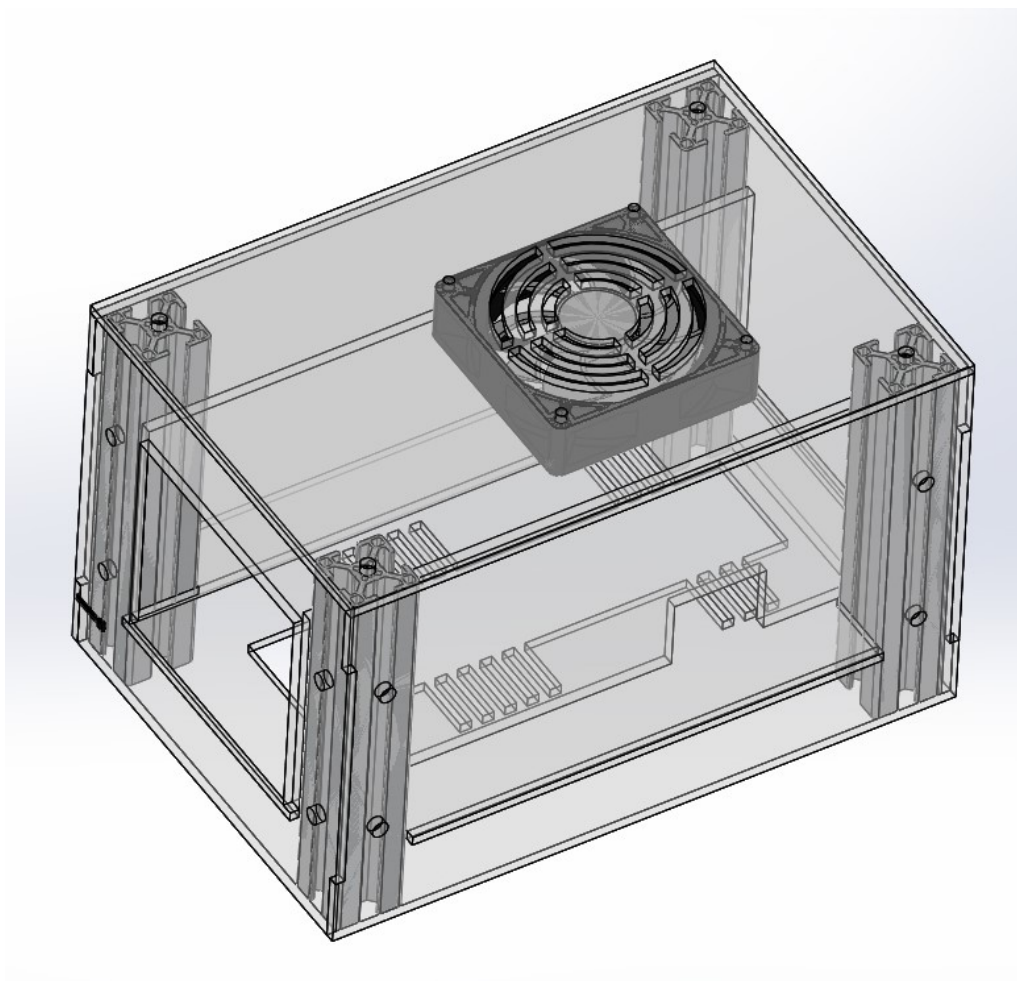
Nosný rám je vytvořen z hliníkových profilů Alutec s rozměrem 30x30 mm. Profily tvoří čtyři nosné sloupy, ke kterým je následně přišroubovaná střecha, boky i vnitřní části modelu.



Obrázek 3.1 – Nosný sloup modelu – návrh

Podlaha parkovacího stání je vytvořena jako kopie podlahy modelu parkovacího domu včetně všech rozměrů, aby byly zajištěny srovnatelné podmínky založení automobilu. Podlaha je vytvořena z plexiskla a vyříznuta technologií řezání vodním paprskem. Podlaha je zasazena do bočních plášťů, které určují její polohu.

Plášť je vytvořen také z plexiskla a vyříznut technologií řezání vodním paprskem. Do jednotlivých desek plášťů je zasazena podlaha a následně pláště jsou přišroubovány pomocí matic do profilů k nosným hliníkovým sloupům. Střecha je také vytvořena z plexiskla a vyříznuta také technologií řezání vodním paprskem. Obsahuje také otvor s mřížkou pro ventilátor, jenž umožňuje větrání v modelu.

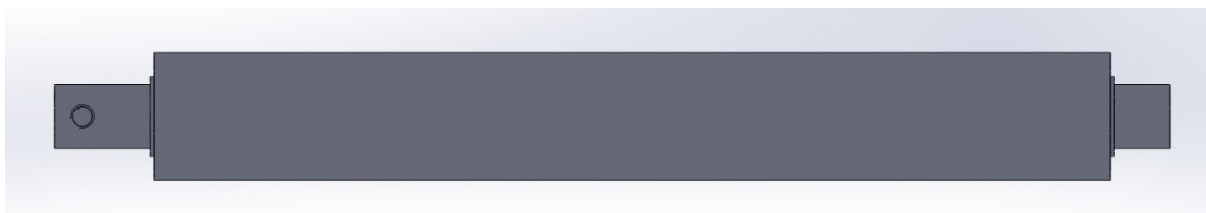


Obrázek 3.2 – Model parkovacího boxu – návrh

3.2 Bezpečnostní dveře

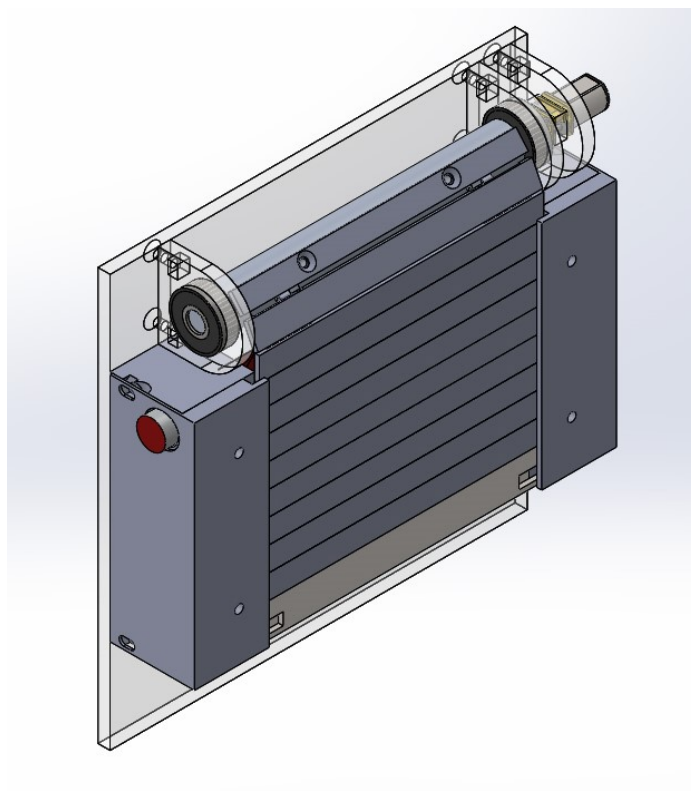
Pro prostor vjezdu bylo za úkol vytvořit garážová vrata. Zvolil jsem rolovací vrata a navrhnul jejich provedení. Vrata jsou vytvořena z jednotlivých lamel, které jsou následně navíjeny na buben.

Rám dveří je také vyroben z plexiskla včetně držáku motoru a bubnu. Veškeré komponenty rámu jsou vyříznuty technologií řezání vodním paprskem. Rozměr otvoru vjezdu je 113 mm na 90 mm. Rám také obsahuje vedení pro dveře, aby byla zajištěna jejich poloha při zavření. Buben je uložen v ložiskách typu 6008 s vnějším průměrem 22 mm, vnitřním 8 mm, a tloušťkou 7 mm. Díky uložení v ložiskách je minimalizováno tření a snížené vůle, které by vznikaly opotřebením kluzného vedení. Do ložisek je nalisován navíjecí buben, jenž je vysoustružen z hliníkové kulatiny a následně odvrtán na CNC stroji. Buben má v největším místě průměr 16 mm a na krajích uložení v ložiskách má průměr 8 mm a geometrickou toleranci g6.



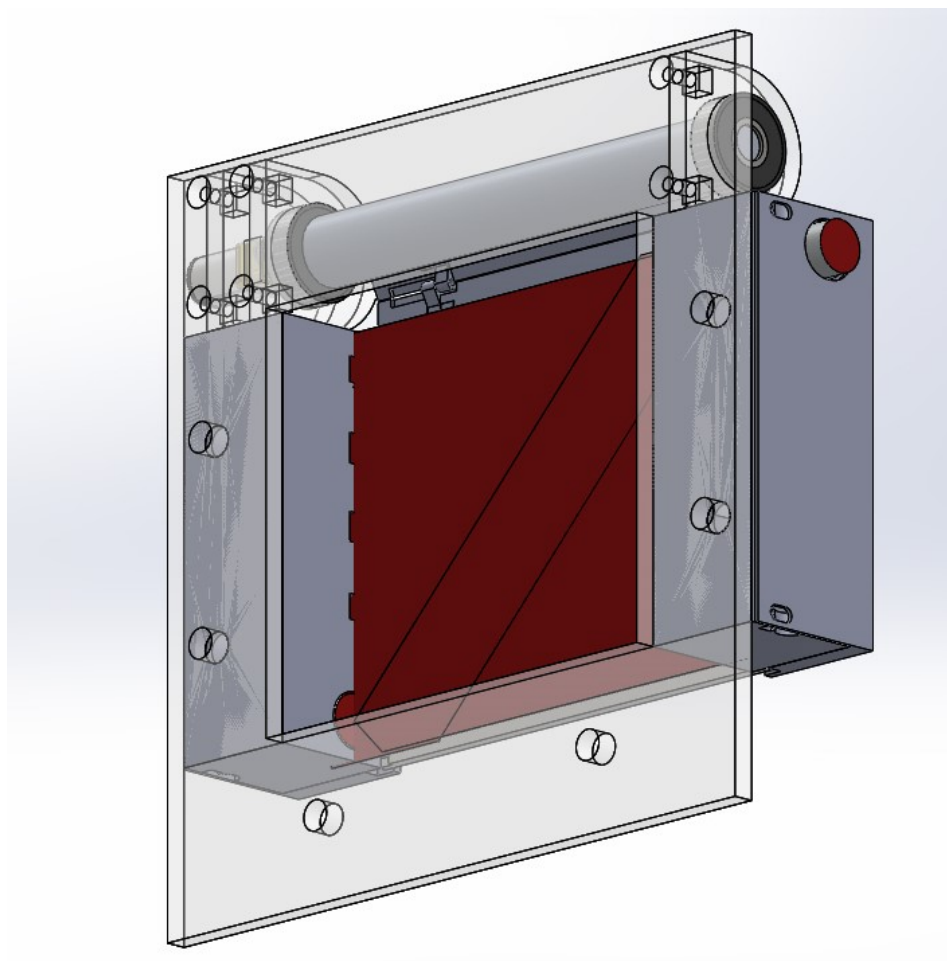
Obrázek 3.3 – Hřídel vrat – návrh

K této hřídeli je přichycená šrouby první lamela dveří a všechny následující se při rotaci bubnu navíjejí až k úplnému otevření dveří. Jednotlivé lamely jsou k sobě připojeny pohyblivě, aby bylo možno je navíjet. Lamely jsou vytištěny pomocí technologie 3D tisku z plastu. Poslední nejspodnější lamela je vyrobena také z plastu a jsou do ní vlepny neodymové magnety, které jsou snímány Hallovy senzory a využity k následnému řízení dveří. Pro pohon rolety dveří je využito DC motoru s kovovou převodovkou. Tento motor je také osazen enkodérem pro určování polohy dveří či případného řízení rozběhu nebo doběhu.



Obrázek 3.4 – Vrata modelu – návrh

Z důvodu bezpečnosti při otvírání či zavírání vrat je třeba přidat senzor pro monitorování prostoru vrat, aby nemohlo dojít ke kolizi a tím poškození vrat. K tomuto jsem navrhl optickou závoru. Závara je tvořena laserem o vlnové délce 650 nm, což odpovídá laseru svítícímu červenou barvou. Světlo z laseru je optikou lámáno tak že svítí jako přímka na protější stranu do fotorezistoru. Senzory i laser jsou umístěny v tištěném 3D dílu, který má za úkol i vedení vrat.



Obrázek 3.5 – Světelná závora – návrh

3.3 Návrh senzoru přítomnosti automobilu

Pro senzor přítomnosti automobilu je možno použít optické nebo ultrazvukové senzory. Pro kovové modely automobilu by bylo možno použít i indukční senzor. Indukční senzory umožňují měření pouze na velmi krátké vzdálenosti v jednotkách mm, a umí pouze snímat kovové materiály, a proto nejsou úplně vhodné pro tuto aplikaci, kde každé auto má mírně odlišnou velikost. Ultrazvukový senzor, který využívá k snímání odrazivost zvuku v pásmu neslyšitelném pro lidské ucho, by byl pro tuto aplikaci nejjednodušší volbou. Já jsem zvolil složitější cestu, a to formou optického senzoru. V ideálním případě pouze úpravou stávajícího senzoru a pokud to nebude technicky možné tak záměnou za jiný senzor. [6]

Na modelu automatického domu je použit IR senzor vzdálenosti pro zjištění přítomnosti automobilu. Tento typ senzoru využívá schopnost odrazivosti paprsku infračerveného světla od překážky, který se vrací zpět k IR fototranzistoru. Na modelu je použit konkrétně senzor pro Arduino s označením YL-70, který se skládá ze čtyř samostatných desek s osazenými IR diodami a fototranzistory. Řídicí deska všech čtyř jednotlivých senzorů obsahuje operační komparátor, kterému

Lze nastavit pomocí potenciometru jeho citlivost. Z tohoto řešení vyplívá, že se analogový signál ze senzoru převádí na digitální, který je jednodušší pro zpracování. Z důvodů nemožnosti nastavovat elektronicky hodnoty podmínky sepnutí, tento typ senzoru funguje správně jen při konzistentních světelných podmínkách v prostorech, kde nevniká velké množství denního světla. Denní světlo se totiž skládá ze všech vlnových pásem, a to i v IR oblasti s vlnovou délkou 940 nm. Množství světla v IR oblasti je velmi závislé na počasí, jelikož vzdušná vlhkost pohlcuje záření v IR spektru. Z tohoto důvodu byl senzor nefunkční v prostorech bohatých na denní světlo při slunečném počasí, a proto je jej třeba inovovat, aby byl velmi spolehlivý i při těchto podmínkách. [6]



Obrázek 3.6 – Inovovaný senzor [6]

Jako první návrh řešení by mohlo být upravovat hodnotu konstanty v podmínce přítomnosti automobilu, dle aktuálních podmínek při zapnutí modelu. Toto řešení by bylo funkční za předpokladu, že celou dobu běhu modelu by byl umístěn v místnosti s konstantními světelnými podmínkami, což ovšem lze dosáhnout pouze v místnostech, kde je stálé umělé osvětlení a nejsou okna. Také jelikož paprsek světla pouze svítí, lze ho velmi snadno negativně ovlivnit přisvícením jiným světelným zdrojem. Toto řešení tedy nevyhovuje, jelikož model musí být funkční i za dynamických světelných podmínek.

Druhý návrh řešení bylo modulovat světelný paprsek aktuálního senzoru a tím dosáhnout odolnost proti změnám světelných podmínek a negativní ovlivnění světlem. Pro modulaci již bylo potřeba upravit senzor, jelikož obsahuje společné napájení pro diodu i fototranzistor. Paprsek světla byl modulován frekvencí 50 Hz. Výstup ze senzoru je díky modulaci ve tvaru sinusového signálu. Toto řešení je funkční i při dynamických podmínkách světla v místnosti. Problém při tomto řešení ale

nastal v intenzitě světla, co vyzařovala IR dioda. V prostoru bohatém na denní světlo docházelo k větší odrazivosti okolního světla do senzoru a modulovaný paprsek byl slabý a neprováděl žádnou změnu výstupního signálu.

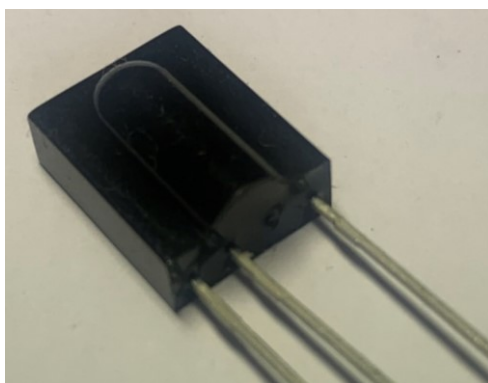
Další již třetí možnost byla zaměnit IR diodu za diodu o vyšším výkonu. V datovém listu původního senzoru není nikde uvedeno, o jaký typ jednotlivých součástí osazených na desce se jedná, takže nebylo k ní možno ani dohledat její svítivost. Vybral jsem tedy pro testy IR diodu, která má podle jejího datového listu největší svítivost, a to konkrétněji od výrobce VISHAY s označením TSAL6100. Tato dioda má z dostupných IR diod nejvyšší zářivost s hodnotou 130 MW/sr. Po testu se silnější IR diodou to mělo lepší výsledky, ale pořád nebyla odrazivost větší než zisk světla z odraženého denního paprsku. Proto jsem jako další možnost navrhl neumístit IR diodu vedle fototranzistoru ale dát ji naproti a tím vytvořit optickou závoru a autem paprsek přerušovat. Po přemístění diody to nepřineslo dramaticky lepší odolnost senzoru proti okolnímu světlu. [6]



Obrázek 3.7 – Výkonnější infračervená led

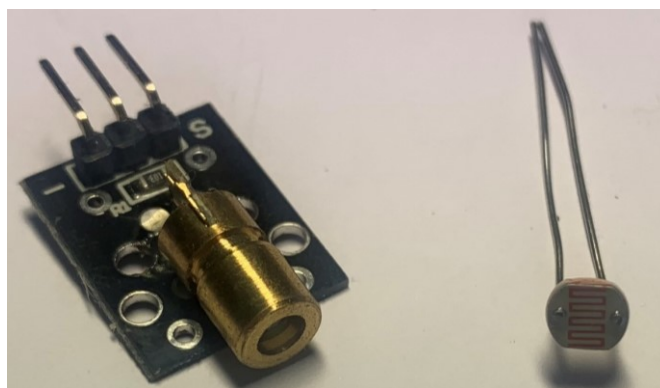
Jako čtvrtou možnost jsem navrhl IR přijímač. Tato součást se používá pro bezdrátovou komunikaci, například mezi televizí a jejím dálkovým ovladačem. V minulosti se tato komunikace používala i k přenosu dat mezi mobilními telefony. V dnešní době byla již vytlačena mnohem rychlejšími způsoby přenosu dat, ale v některých telefonech zůstává dodnes, ale ne už pro přenos dat ale již k zmíněnému ovládání TV. Pro komunikaci je taktéž využita modulace paprsku z IR diody s vysokou frekvencí o hodnotě 38 kHz. Pro snímání světelného paprsku je tedy použit IR přijímač, který je složen z fotodiody a dekodéru. Signál po příjmu je zesílen a prohnán kmitočtovým filtrem, který zamezí průchodu neužitečného signálu a odfiltruje ve velké míře denní světlo. Z těchto důvodů by toto řešení mělo dosahovat velmi dobrých výsledků při vysoké intenzitě světla. Pro testy jsem zvolil bezdrátovou

komunikaci mezi dvěma jednočipovými Arduino počítači. Dioda a IR přijímač byli umístěny proti sobě a automobil přerušoval přímý paprsek mezi nimi. Toto snímání fungovalo velmi dobře při podmínkách bohatších na světlo. Při snižování množství okolního světla se stal senzor nefunkčním z důvodů vzrůstajícího odrazu schopnosti světla od okolních objektů až do takové míry, že si světelný signál našel cestu okolo modelu automobilu. I když tento senzor vykazoval nejlepší výsledky při vysoké intenzitě okolního světla, tak byl nevyhovující pro aplikaci v podmínkách ve vnitřních prostorech, a proto také toto řešení nevyhovuje požadavkům na inovovaný senzor. [7]



Obrázek 3.8 – IR přijímač [6]

Dle poznatků z testů bylo třeba docílit větší intenzity světla, než vydávala IR dioda. Pro větší intenzitu světla je použit laser, který centralizuje světelný tok do jednoho bodu a tím dosahuje mnohem větší intenzity světla. Pro toto řešení by bylo nejvhodnější použít IR laser, který by směřoval paprsek pouze do fototranzistoru. IR laser ale není úplně běžně dostupný, a proto jsem zvolil horší alternativu, a to laser ve viditelném spektru o frekvenci 650 nm, který je velmi lehce dostupný. Pro senzor paprsku již nešlo využít fototranzistor, jelikož ten má doporučenou frekvenci světla od 840 do 940 nm a pro mnou zvolený laser by měl účinnost asi jen 20 %, což bylo velmi málo. Na základě porovnání účinnosti různých druhů foto senzorů vyšel jako nejlepší fotorezistor, který pro paprsek světla o vlnové délce 650 nm má největší účinnost z běžně dostupných senzorů. [6]



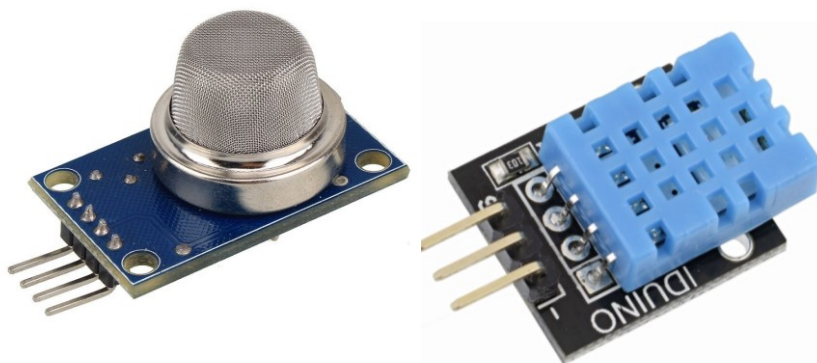
Obrázek 3.9 – Laser led a fotorezistor [6]

Z důvodů ochrany před rušením je paprsek laseru modulován frekvencí o velikosti 30 Hz. Tato frekvence je zvolena z důvodu, že kdyby byla frekvence menší tak by bylo vidět lidským okem, že paprsek bliká. Lidské oko si vytváří okolo 25 snímků za sekundu, a proto se nám zdá cokoliv rychlejšího jak 25 Hz jako plynulý obraz bez blikání. Signál z fotorezistoru je taktéž díky modulaci světelného zdroje ve formě sinusového signálu, ze kterého lze určit extrémy funkce. Porovnáním těchto extrémů lze zjistit, zda je paprsek přerušen. Toto řešení se ukázalo jako velmi funkční i na přímém denním světle.

3.4 Další doplnění modelu

Jako další možnost vylepšení modelu je dodání senzorů a funkcí pro inteligentní dům. Inteligentní dům umožňuje řídit veškeré funkce domu jako je větrání, osvětlení, vytápění a spoustu dalších spotřebičů na základě požadavků či výstupu senzoru. Ze zde zmíněných věcí lze pro model využít osvětlení a větrání v prostoru garáže. Vytápění garáž neobsahuje a není potřeba ho do modelu přidávat. [8]

První chytrou funkcí přidanou do modelu je možnost větrání. Na vrchním krytě modelu je umístěn ventilátor, který zajišťuje výměnu vzduchu v prostoru garáže. Tento ventilátor musí být řízen na základě nějakého senzoru či více senzorů. Kvalitu vzduchu lze určit třemi měřitelnými faktory. První z nich je teplota uvnitř modelu. Teplotu v modelu můžeme jen velmi málo ovlivnit, jelikož v modelu nemáme žádné topení ani chladicí mechanismus. Další požadavek je udržování nízké vlhkosti vzduchu, jelikož vysoká vlhkost má negativní vliv na kovové části modelu, které díky vysoké vlhkosti podléhají korozi. Pro snímání teploty a vlhkosti jsem zvolil senzor s označením DHT11, který umí měřit obě veličiny. Výstup tohoto senzoru je ve formě sériové komunikace. Třetí parametr, podle kterého můžeme řídit větrání v modelu je kvalita ovzduší uvnitř modelu. Kvalitu ovzduší nejvíce ovlivňuje množství oxidu uhličitého a dalších mnoha plynů. Jako nejvhodnější způsob pro měření těchto veličin je senzor MQ-135, který je schopen měřit kvalitu ovzduší z hlediska množství nasycení vzduchu zejména amoniakem, ale také oxidy dusíku, benzen, kouř a nejběžnějšího oxidu uhličitého. Pro měření senzor využívá tenkou vrstvu oxidu cíničitého, jenž při kontaktu s těmito plyny mění svůj odpor. Výstup tohoto senzoru je v podobě analogového signálu. [6]



Obrázek 3.10 – Senzor plynů a senzor vlhkosti s teplotou [6]

Druhá inteligentní funkce, kterou lze v modelu využít je řízené inteligentní osvětlení. Z toho důvodu je přidán RGB led pásek s osmi led. RGB led se skládá ze tří barevných diod, a to červené, zelené a modré diody. Díky tomu lze pomocí skládání vytvořit 16 milionů odstínů barev. Vybral jsem led modul WS2812, který je vybaven technologií led NeoPixel, což znamená, že neobsahuje pouze led, ale také je vybaven řadičem s bitovou pamětí, díky které lze řídit každou diodu zvlášť a je možno jich zapojit do série až 255. Led lze řídit pomocí pouze jednoho datového digitálního pinu s modulovaným signálem. [6]

Na modelu není žádný číslíkový či jiný třeba grafický displej, je pro komunikaci využita sériová linka. Díky sériové komunikaci je možnost vypisovat hodnoty měření ze senzorů, případně odesílat chybové hlášky a zobrazovat je v počítači. Sériovou komunikaci je možno číst z USB programovacího portu Arduino. Pro čtení lze využít jakýkoli program, který umí číst data ze sériového COM portu. Pro zpětnou vazbu jsem využíval sériový monitor v programu Arduino IDE, kterým je vývojové programátorské textové prostředí pro programování a následnou kompilaci programu a nahrání do paměti procesoru. [11]

3.5 Připojení modelu k PLC

Model automatického parkovacího domu využívá jako řídicí elektroniku hned několik mikroprocesorů Arduino. Proto byl taktéž pro ověření funkce všech inovací zvolen mikroprocesor typu Arduino. Z důvodů velkého množství analogových a digitálních pinů bylo potřeba zvolit vývojovou desku s velmi velkým počtem pinů, a to Arduino Mega 2560 která obsahuje 16 analogových pinů pro připojení jednotlivých senzorů a 54 digitálních pinů, což zcela dostačuje množství jednotlivých senzorů a ovládaných elektrických prvků. Model musí mít taktéž možnost připojení k PLC a možnost ovládání všech výstupů a čtení hodnot ze všech senzorů. Díky tomuto propojení vzniklo hned několik problémů. Hlavní problém je rozdíl pracovních napětí. Vývojové desky Arduino pracují se vstupním napětím 5 V, zatímco řídicí systémy typu PLC pracují s mnohem vyšším napětím a to 24 V. Z tohoto

důvodu je potřeba oba obvody nějak oddělit anebo na výstupu z PLC stabilizovat napětí na 5 V. S tím pracuje mikropočítač na desce Arduino a veškeré použité senzory a řídicí prvky.

- DI PLC

Pro senzory, které mají výstup ve formě logické hodnoty je potřeba oddělit obvod tak, aby na výstupu ze senzoru bylo napětí v rozsahu 0-5 V a na vstupu do PLC bylo již správné napětí s hodnotou 0-24 V. Pro tento typ oddělení se nejvíce hodí optočlen, který zcela oddělí obvod. Optočlen je zpravidla integrovaný obvod, který se skládá z diody, která na základě signálu osvětluje fototranzistor, který spíná na výstupní pin potřebné napětí o velikosti 24 V.

- DO PLC

Výstup PLC je taktéž s napětím o velikosti 24 V. Na vstupu do jednotlivých součástí obvodu je potřeba snížit napětí na 5 V. Snížit napětí lze mnoha způsoby. Jedním ze způsobů je použití optočlenu tak, že PLC ovládá diodu a tranzistor už spíná provozní napětí 5 V. Další možností by mohlo být použití stabilizátoru napětí, který je schopen z rozmezí 6-35 V snížit výstupní napětí na potřebných 5 V. Já jsem nevyužil ani jedné možnosti, ale použil základní vlastnosti zapojení dvou odporů, které se nazývá dělič napětí. Dělič napětí jsou dva odpory zapojené v sérii. Na rezistorech vzniká úbytek napětí. Při správném poměru rezistorů dostaneme na výstupu požadované napětí.

- AI PLC

Analogové vstupy v PLC lze nastavit na snímání proudu z velikosti 4-20 mA a nebo napětí o velikosti 0-10 V. Toto napětí taktéž neodpovídá velikosti napětí, které používá vývojová deska Arduino. Z tohoto důvodu je třeba zesílit napětí, aby byl využit kompletní rozsah 0-10 V. Napětí na výstupu lze zesílit pomocí neinvertujícího operačního zesilovače. Neinvertující operační zesilovač nám také umožňuje pomocí volby velikosti ovládacích rezistorů určovat rozsah samotného senzoru což znamená, že pro senzor můžeme omezit jeho pracovní rozsah v různém rozmezí, například 20 % - 80 % výstupních hodnot senzoru. Díky operačnímu zesilovači je tedy výstupní napětí 0-10 V. Toto napětí ovšem nelze použít pro snímání mikroprocesorem ATmega 2560 který je osazen na desce Arduino. Pro Arduino by mohl být použit signál ještě před vstupem do operačního zesilovače, ale tím bychom snížili rozsah senzoru. Z těchto důvodů je taktéž použit dělič napětí, který obsahuje oba rezistory stejné velikosti, jelikož snižujeme napětí přesně o polovinu podle vzorce číslo 1.

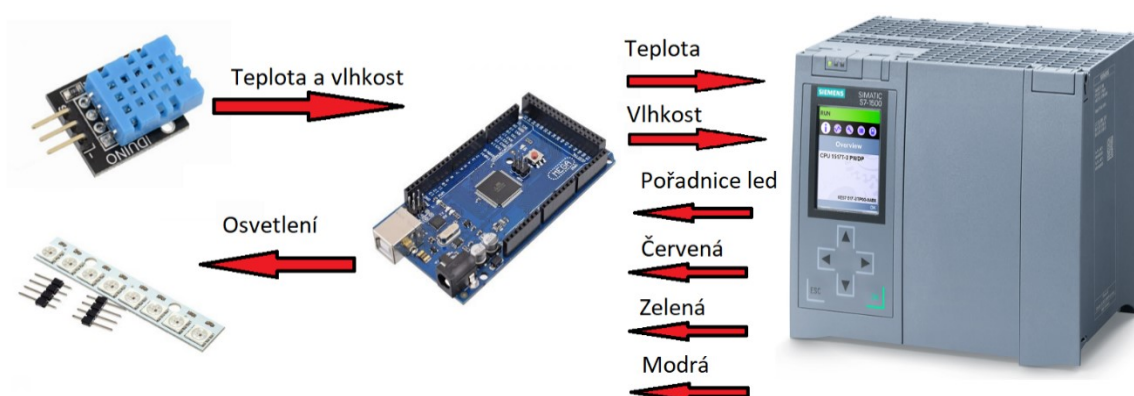
Výsledek výstupního napětí na děliči je $U_2 = 5 \text{ V}$

$$U_2 = \frac{1}{2} \cdot U = \frac{1}{2} \cdot 10 = 5 \text{ V} \quad (1)$$

kde U je vstupní napětí do děliče.

3.6 Komunikace PLC se senzory

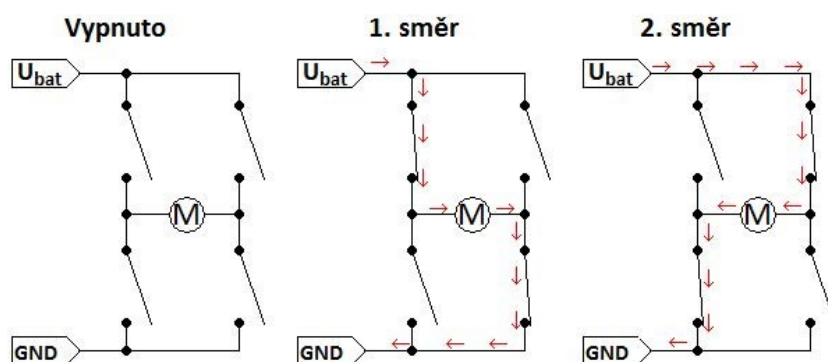
Pro návrh modelu jsem používal senzory, které jsou určené pro vývojové desky Arduino. Pro mnoho senzorů existují knihovny v programátorském prostředí Arduino IDE, které velmi usnadňují práci s těmito senzory. V PLC systému tyto knihovny nejsou a například senzor teploty a vlhkosti DHT11 má výstup ve formě sériového signálu, ve kterém jsou zakomponované obě informace, a to vlhkost i teplota. Jako druhá problematická součást na modelu je RGB led pásek s technologií NeoPixel. Tato součást je také řízena pomocí modulovaného signálu. Pro řízení těchto led je potřeba složit velmi složitou funkci pro řízení. Jelikož v PLC není knihovna, která zjednoduší řízení, nebylo by jej možno využít v plném rozsahu. K využití těchto senzorů je nutné vytvořit převodník, který zjednoduší použití komponent pro PLC systém. K řešení tohoto problému jsem využil samotný procesor ATmega, který rozpozná připojení PLC systému. Sériový výstup z teploměru pomocí mikroprocesoru Arduino rozděluje na dva jednoduché PWM signály, kde na prvním pinu je teplota a na druhém vlhkost. Pro led pásek, který je složen z diod s technologií NeoPixel, jsou ve vstupním signálu schované hned čtyři parametry. První z parametru je číslo led. Další tři parametry jsou jednotlivé složky barevného spektra RGB. Pro možnost použití pro PLC je tedy signál rozložen na čtyři jednoduché PWM signály, které odpovídají pořadí led a každé složce podle RGB rozdělení. [5,11]



Obrázek 3.11 – Komunikace s PLC [5,6]

3.7 Řízení motorů

Model jednoho parkovacího stání obsahuje dva motory. První z motorů je určen k pohonu rolovacích vrat a druhý motor je k pohonu ventilátoru. Stejnoseměrné motory lze efektivně řídit pomocí H-můstku. K řízení motorů jsem zvolil H můstek L298N, který má výstup pro dva motory a podporuje PWM modulaci, díky které lze řídit rychlost otáček. Pro řízení jednoho motoru jsou zapotřebí tři piny. Pin s označením „ENA“ je určen pro PWM signál a zbylé dva IN1 a IN2 jsou určeny k ovládání směru rotace. Při nastavení na pin IN1 logickou jedničku HIGH a na pin IN2 logickou nulu LOW rozběhneme rotaci. Při otočení logických hodnot z logické jedničky na logickou nulu se změní směr rotace. [10]



Obrázek 3.12 – Princip funkce H můstku [9]

4 Sestavení modelu

Model byl sestaven na základě 3D návrhu v počítačovém programu.

4.1 Základní rám

Základní rám se skládá z Alutec čtvercového profilu o hraně 30 mm a velikostí upínací drážky pro šroub průměru 6 mm. Profil byl zkrácen na příslušnou délku s přídavkem pro další operace dle dokumentace. Pro vyšší přesnost byl následně profil zarovnán na CNC stroji tak, aby měl správnou délku, a hlavně z důvodů dosažení potřebné kolmosti v prostorech řezu. Ve středu profilu je z výroby otvor velikosti 5.5 mm, což odpovídá tabulkové hodnotě pro předvrtání otvoru pro tvářecí závitník M6. Proto není potřeba do profilu vrtat žádné otvory, ale pouze stačí ručně vyříznout / vytvořit závit pro šroubek.

Díky technologii řezání vodním paprskem bylo velmi jednoduché dle dokumentace vyrobit veškeré díly z plexiskla. Veškeré díly byly vypáleny z tabule skla včetně všech upínacích a větracích otvorů pro osazení ventilátoru a dalších čidel.



Obrázek 4.1 – Sestavený rám

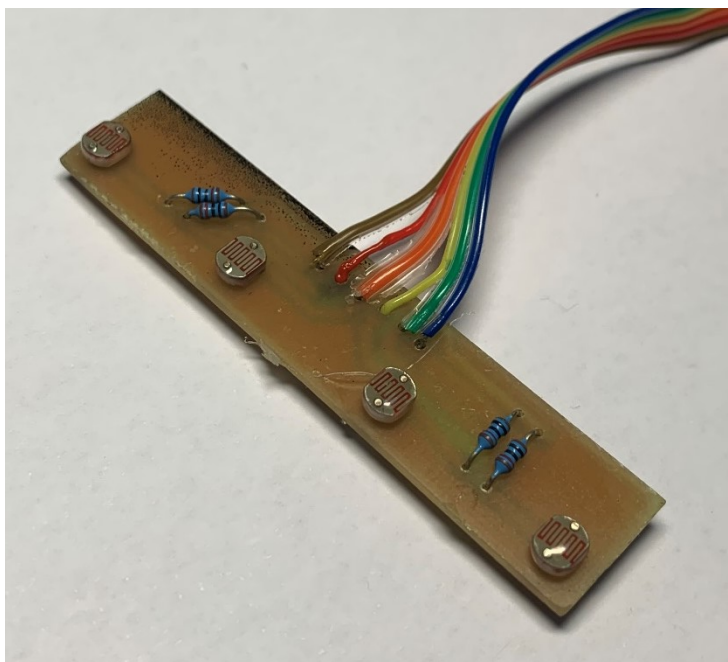
4.2 Výroba uzavíracích vrat

V počátku bylo navrženo vyrobení i vrat z plexiskla, aby vrata výborně zapadla do stylu zbytku modelu. Vrata byla vytvořena také z lamel z plexiskla slepených k sobě pomocí lepicí pásky. Řešení se ukázalo jako funkční, ale lepicí páska byla velmi namáhána a byla by díky ní velmi omezená životnost vrat. Z tohoto důvodu bylo potřeba změnit uchycení jednotlivých lamel, a to nejlépe tak, aby byly kluzně spojeny mezi sebou a bylo v případě poruchy či kolize možno vyměnit pouze poškozenou lamelu. Původní lamela z plexiskla měla tloušťku pouze 2 mm, což neumožňovalo udělat pant přímo v ní. Použití lamely s větší tloušťkou nebylo možné z důvodů prostoru nad vraty, jelikož lamely z plexiskla širokého 4 mm by měly už moc velký nábal a vrata by musela být vyšší než samotný model. Z těchto důvodů jsem vrata překreslil a zcela je vytiskl z plastu pomocí 3D tisku. První prototyp tisku lamely byl neúspěšný z důvodů velmi malého otvoru a přesahu pantu. Díky vysoké vnesené teplotě a malé velikosti pantu se otvor zborčil a výtisk byl velmi zlé kvality. Proto musely být panty z lamely odstraněny a bylo je potřeba vytisknout zvlášť s otočením tak, aby byl otvor ideálně orientován pro tisk. Lamelu bylo potřeba vytisknout vícekrát a kalibrovat ji tak, aby do otvorů v ní perfektně zapadli panty a měli přesnou pozici. Panty jsou vlepené do otvorů v lamelě pomocí vteřinového lepidla a pevnost spoje je velmi vysoká, takže nehrozí problém, jako by nastal v původním řešení. Jednotlivé lamely jsou spojeny pomocí šroubu M1.6, který tvoří osičku pantu. Díky ose tvořené šroubem je zajištěno rozebíratelné spojení a lze v případě potřeby kdykoliv vyměnit poškozenou lamelu vrat. Poslední lamela obsahuje v sobě dva magnety, které slouží ke kalibraci pozice vrat se spojením s Hallovým senzorem P-SSO-3-2, jehož výstupem je při přiblížení magnetu logická jednička. Na konstrukci jsou umístěny hned dvě Hallové sondy, a to pro obě koncové pozice. Tyto senzory určují koncové pozice vrat pro jednoduché řízení a nebo mohou sloužit jako kalibrační pozice pro sofistikovanější řízení pomocí N-kodéru na pohonu vrat. [6]



Obrázek 4.2 – Rolovací vrata

Konstrukce vrat také obsahuje senzor, který snímá prostor vrat, zda je bez překážek a nehrozí kolize vrat s modelem automobilu či jinými předměty. Pro senzor bylo použito stejné technologie jako pro hlavní inovovaný senzor přítomnosti automobilu na pozici. Oproti inovovanému senzoru pouze používá jiný laser o stejné vlnové délce, který ale není díky své optice směřovaný do jednoho bodu, ale tvoří paprsek, který se láme do podoby čáry. Tento typ laseru byl vybrán z důvodu minimalizace slepých míst. Na konstrukci vrat je umístěna hned dvojice těchto laserů. Jsou umístěny v protilehlých rozích tak, aby co nejlépe osvětlovaly fotorezistory, které jsou umístěny vždy v protilehlých plochách. Pro fotorezistory byla vytvořena deska plošného spoje, která je uzavřena pod vnějším krytem otvorů pro senzory. V tomto prostoru jsou také přivedeny kabely pro Hallové sondy, laser a motor.



Obrázek 4.3 – Optický senzor vrat

4.3 Návrh DPS

Pro propojení Arduina s ostatními elektrickými prvky bylo potřeba také vytvořit DPS a následně ji osadit veškerou elektronikou. Deska byla vytvořena jako shield pro Arduino Mega2560. Shield moduly jsou rozšiřující desky součástí, které jsou díky svým pinům nasazeny takzvaně do sendviče z hora na desku Arduino a zajišťují jejich datové propojení. Deska je z velmi velké části zaplněna potřebnými součástmi pro možnost využití PLC k řízení modelu. Deska obsahuje dohromady 12 optických zesilovačů a 8 oddělovacích optočlenů. Optické zesilovače jsem pro návrh použil od společnosti Texas Instruments s označením LT064CN. Tento integrovaný obvod obsahuje hned čtveřici operačních zesilovačů. Patice tohoto obvodu je ve tvaru DIP14, jejíž dva piny jsou napájecí pro vstupní napětí v rozsahu 6-36 V a následně zbylých dvanáct pinů jsou pro samotné čtyři operační zesilovače. Každý zesilovač tedy disponuje třemi piny, z nichž první slouží pro vstup signálu ze senzoru. Druhý pin v pořadí slouží pro nastavení pomocí rezistorů celkového zesílení. Poslední pin je již výstupní signál, jenž je zesílen o potřebnou hodnotu. Pro zesílení signálu jsem zvolil parametr zisku dva, jelikož pro daný typ senzoru není potřeba posouvat hranice na jinou úroveň a senzor je možno využít v celém rozsahu. Výstup senzoru dosahuje maximum 5 V a pro vstup je třeba docílit napětí 10 V. Pro výpočet neinvertujícího zesilovače platí

$$U_2 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot U_1 \quad (3)$$

kde U_1 vstupní proud do zesilovače, R_1 a R_2 rezistory omezující zesilovač, U_2 výstupní proud ze zesilovače.

Dle rovnice pro mnou požadované zesílení musí být podíl obou rezistorů jedna, což znamená, že oba rezistory musí klást stejný odpor. Pro rezistor omezující operační zesilovač jsem tedy zvolil oba rezistory o hodnotě 10 kΩ.

Optočlen pro návrh jsem zvolil od výrobce LITEON s označením LTV-847. Tato komponenta je také ve tvaru integrovaného obvodu jako je operační zesilovač, jen obsahuje na svém těle o dva kontakty více a pasuje do patice DIP16. Obvod obsahuje čtyři samostatné optočleny, a pro každý optočlen spadají čtyři piny. Z jedné strany obvodu jsou piny pro diody, před ně je třeba doplnit předřadný rezistor. Pro výpočet platí

$$R_1 = \frac{V_{in} - V_D}{I} = \frac{5 - 1,2}{1,2 \cdot 10^{-3}} = 3166,6 \, \Omega \quad (3)$$

kde V_{in} vstupní napětí, V_D úbytek napětí na diodě, I proud obvodem, R_1 předřadný rezistor.

Dle výpočtu jsem zvolil pro předřadný rezistor nejbližší dostupnou hodnotu $R = 3,1 \, \text{k}\Omega$.

Další parametr při výběru, který je třeba zohlednit, je parametr CTR, který udává poměr mezi vstupním a výstupním proudem vyjádřených v procentech. Pro různé optočleny se mohou velmi lišit a lze je zjistit v datové listu komponent. Dle datového listu jsem zvolil hodnotu CTR 100 %, jelikož zůstanou na výstupu zachované stejné parametry proudu jako na vstupu, pouze se změní napětí. Při zvýšení poměru CTR dochází k zpoždění signálu z důvodů zaoblení náběžné hrany napětí.

$$R_2 = \frac{V_{in} - V_T}{I} = \frac{24 - 1,2}{1,2 \cdot 10^{-3}} = 19000 \, \Omega \quad (4)$$

kde V_{in} vstupní napětí, V_T úbytek napětí na tranzistoru, I proud obvodem, R_2 předřadný rezistor.

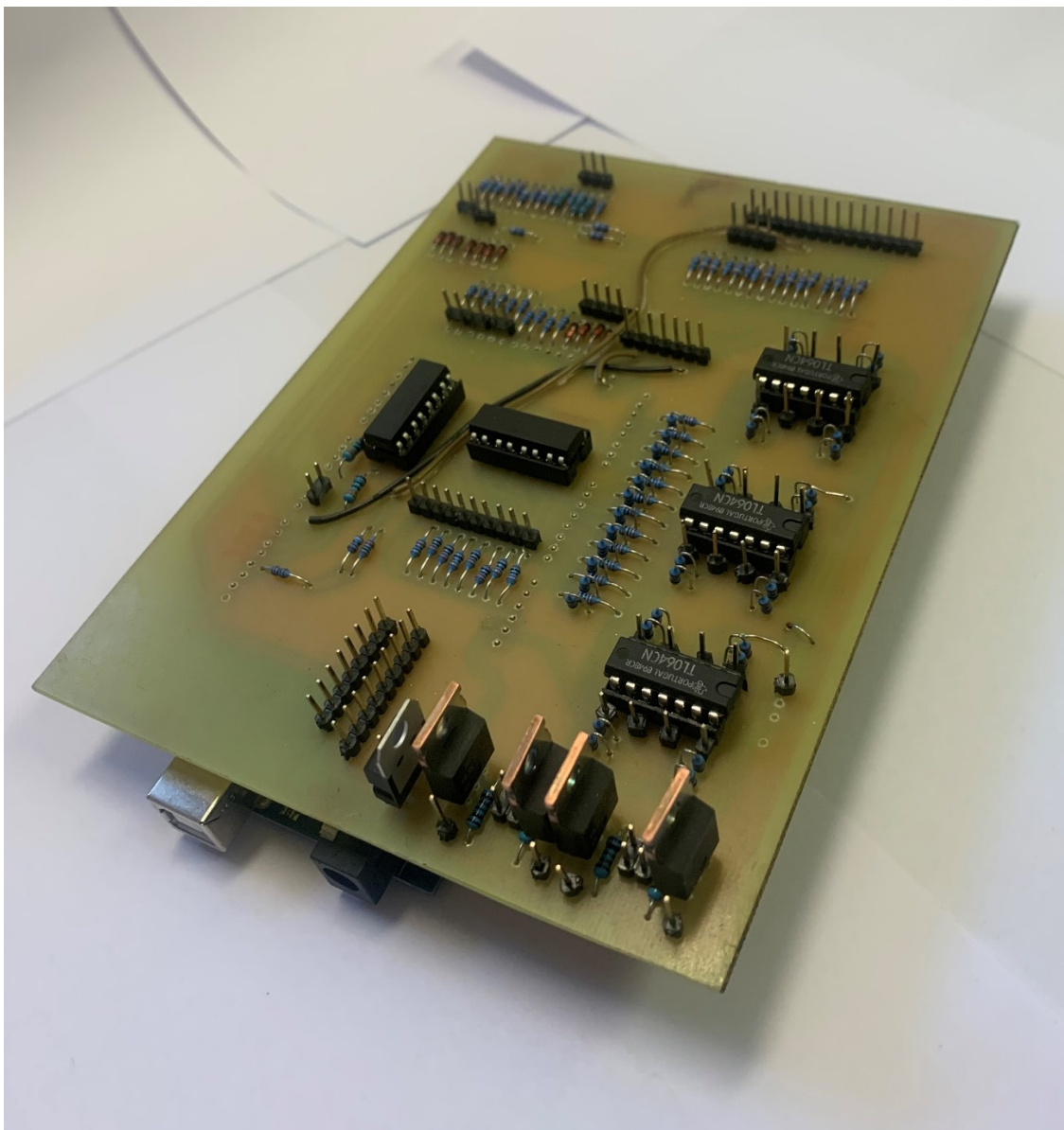
Pro hodnotu rezistoru jsem zvolil $R_2 = 20 \, \text{k}\Omega$

Dále deska obsahuje velmi velké množství rezistorů, které jsou použity na děliči napětí. V obvodu jsou hned dvě velikosti napětí, které je potřeba snížit. První napětí je z výstupu operačního zesilovače, jelikož procesor AT mega používá již zesílený signál. Druhé napětí je výstupní z PLC, které je potřeba snížit pro vstup do řídicích prvků.

Deska také obsahuje čtyři tranzistory pro spínání součástí, které mají velký proudový odběr, jako jsou lasery. Konkrétně jde o tranzistory od výrobce VISHAY s označením IRF520, jenž je NPN typu. Tranzistor je použit, protože mikroprocesor má na výstupu jen velmi malý proud v jednotkách miliampér a tranzistor, který je použit může spínat zařízení s velkým proudovým odběrem až 6 A.

Na desce je také stabilizátor napětí, který nezávisle na velikosti vstupního napětí vytvoří výstupní napětí 5 V pro napájení senzorů a mikroprocesoru. H-můstek k řízení motorů je napájen přímo ze vstupního napětí. K napájení je možno využít jakýkoliv zdroj, který má výstupní napětí 12 V, jako jsou

laboratorní nebo průmyslové zdroje. Já zvolil nejjednodušší a nejpraktičtější volbu, a to malý zdroj s nastavitelným výstupním napětím v rozsahu 3-12 V, jenž je připojen do střídavé elektrické sítě. Výstup tohoto zdroje je nastaven na 12 V, maximální dodávaný proud činí 2.25 A, což plně dostačuje k odběru veškerých komponentů.



Obrázek 4.4 – Osazená DPS

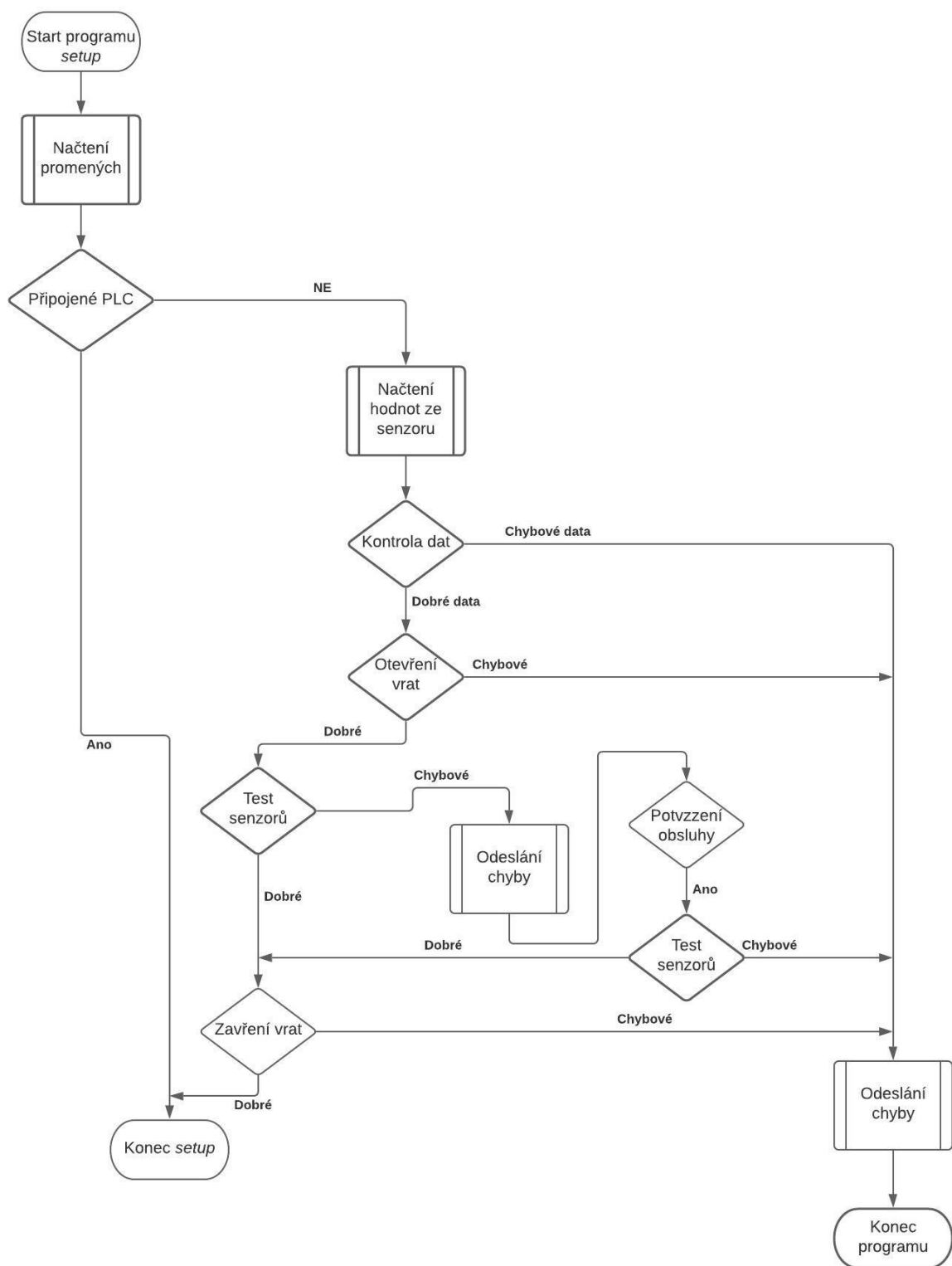
5 Řídicí program

Pro zajištění celkové funkčnosti modelu byl mikroprocesor naprogramován tak, aby software spolupracoval plně s hardwarem a komunikoval se všemi jeho částmi. Dále také k odesílání na sériovou linku, kde posílá poruchy a stav systému a také hodnoty ze senzoru teploty, vlhkosti a koncentrace plynů.

5.1 Startovací procedura

Při připojení modelu k napájení se v první řadě načtou uložené globální proměnné a následně se ověří, zda je připojeno PLC k modelu. V případě připojeného PLC přeskakuje do části programu, v které komunikuje mikroprocesor pouze s PLC pomocí datových PWM pinů. Pokud není připojeno řízení formou PLC, ověří se funkce a propojení komunikace všech senzorů, zda nevykazují chybu anebo jejich hodnoty nejsou v chybové oblasti. Pokud procesor odhalí, že komunikace není navázána, nebo výstup senzoru dosahuje nepřipustné hodnoty, vypíše chybové hlášení pomocí sérové komunikace. Chybu dá vědět rozblikáním stavové červené led na vratech modelu, ale také rozbliká celkové osvětlení v modelu a zabarví jej do červené barvy.

Pokud v první fázi neodhalí chybu, bude pokračovat spuštěním osvětlení. Pro inicializaci polohy dveří je potřeba vrata otevřít a následně je zavřít. Při této proceduře řídicí systém ověří funkci enkodéru na motoru, a hlavně také správnou funkci senzorů pro koncovou pozici vrat. Model v první fázi otvírá, jelikož při nefunkčním čidlu zavřených vrat by mohlo dojít k poškození lamel. Pokud nebude fungovat horní senzor otevřených vrat, nedojde k poškození, jelikož se lamely namotají na hřídel uvnitř vrat a následně se motor zastaví po množství kroků, které odpovídá celkovému počtu kroků pro otevření vrat. Následně ověří funkčnost senzorů ve vratech a také pro přítomnost automobilu, zda vykazují sinusový výstupní signál, který vzniká pomocí modulace laserů. Když procesor nezaznamená sinusovou formu výstupního formátu signálu ze senzoru, vyzve obsluhu k odstranění překážky ve vratech a také v garáži rozblikáním oranžové signalizační led a vypsáním chyby. Následně čeká na potvrzení obsluhy tlačítkem start, že prostor vrat či garáže není blokován. Pokud při opakovaném testu senzorů odhalí procesor opět chybu na daném senzoru, rozbliká model do červena a vypíše chybu příslušného senzoru, který ji způsobil. Při všech hodnotách v normě zavře vrata počtem kroků, které odpovídají jejich celkovému chodu a tím ověří funkčnost zbylých senzorů na zavřenou pozici vrat. Následně přeskočí z podprogramu *setup* do řídicí nekonečné smyčky.

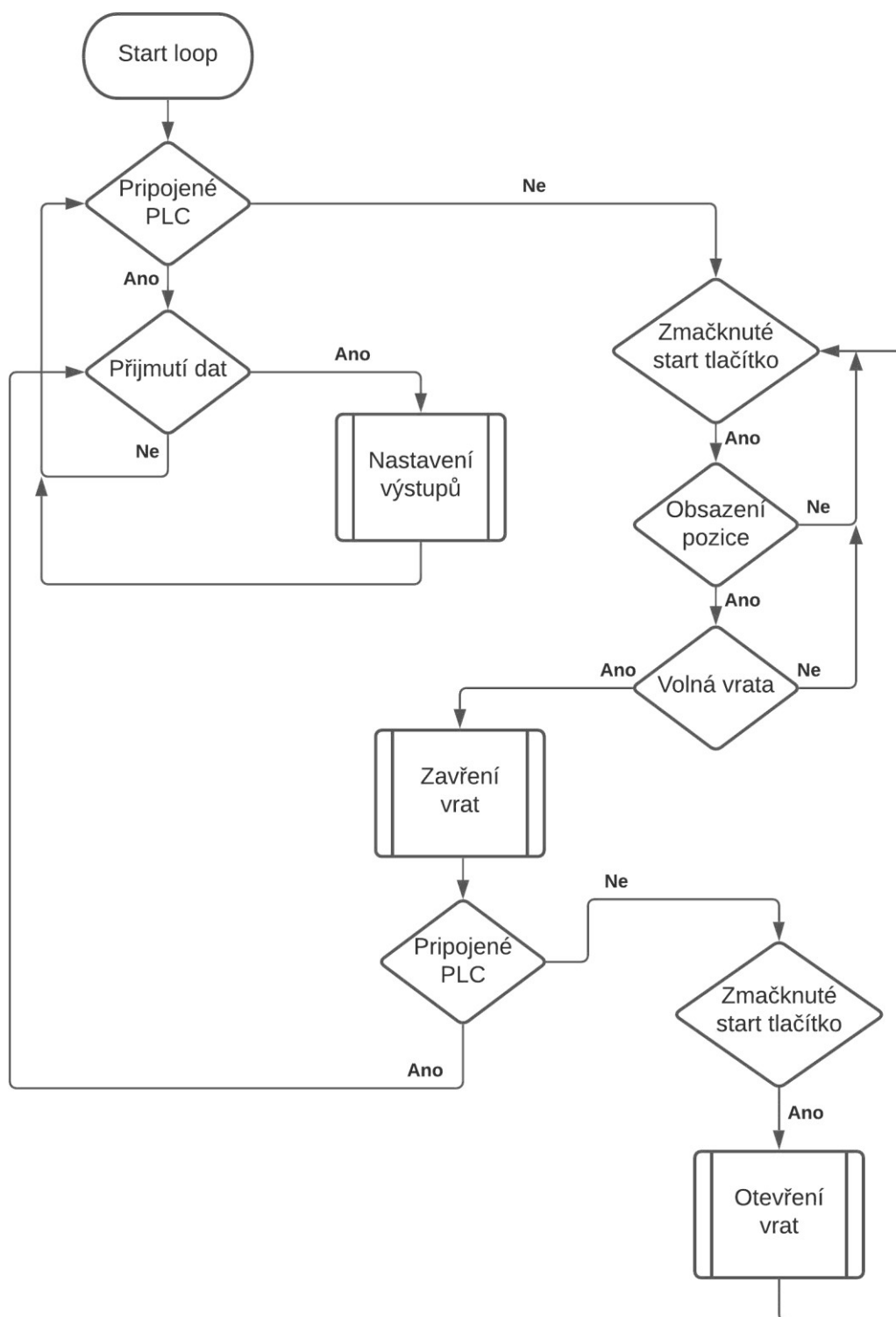


Obrázek 5.1 – Vývojový diagram start procedury

5.2 Nekonečná smyčka

Po úspěšném dokončení cyklu *setup* se řídicí program přesune do nekonečné smyčky, která je ukončena až vypnutím napájení modelu. V této smyčce na začátku ověřuje, zda je připojené PLC zařízení. Při připojeném řídicím konektoru přenechává mikroprocesor prostor pro řízení modelu a do řízení nezasahuje. V této části programu mikroprocesor pouze spolupracuje se senzorem teploty a led páskem, které není schopno PLC řídit na přímo, a tak mikroprocesor je naprogramován tak, aby přijaté signály ve formě PWM převáděl na komunikaci, s kterou ovládá led pásek a také data z teploměru následně odesílá do PLC.

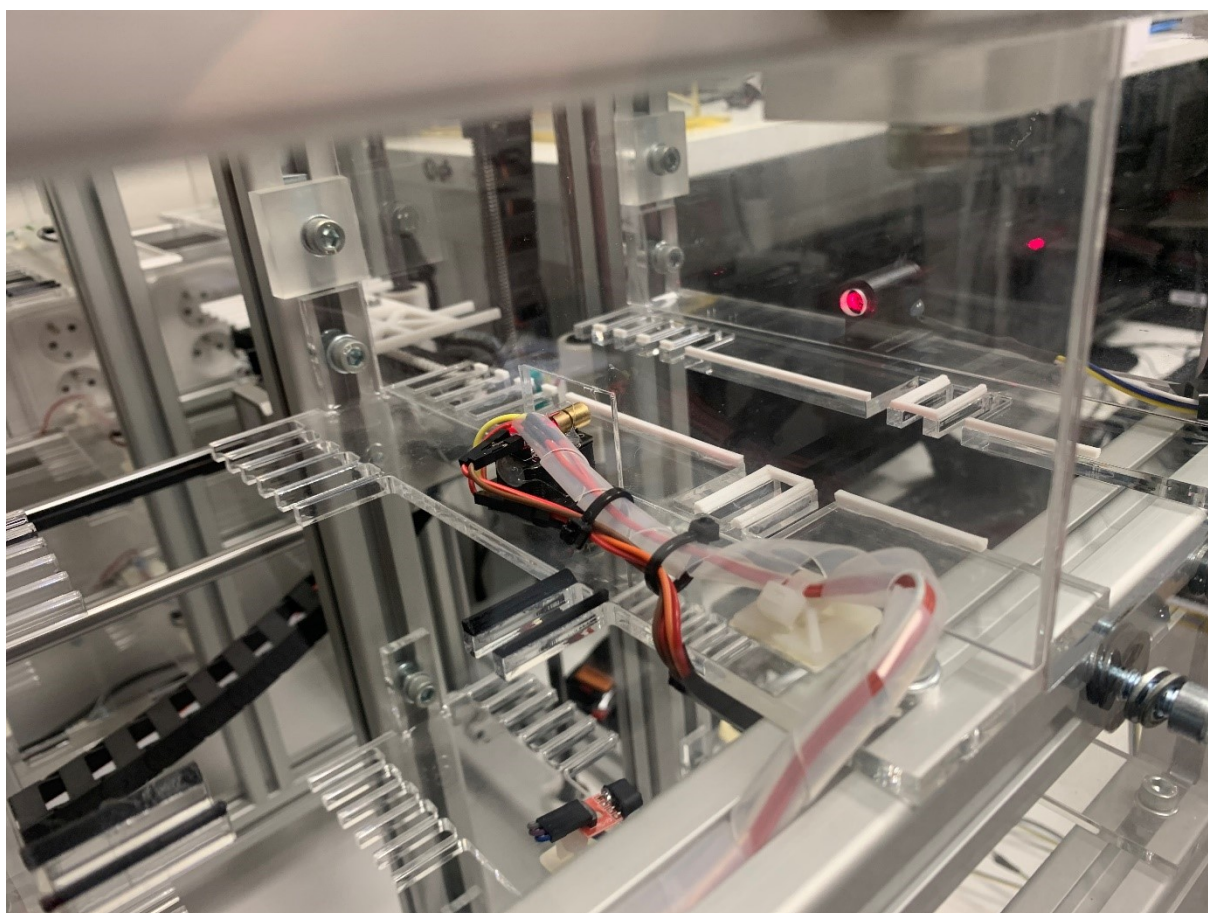
Pokud nezaznamená připojený řídicí kabel od PLC, mikroprocesor přebere veškeré řízení modelu. V této části odesílá pomocí sériové komunikační linky data s frekvencí 1 Hz. Jedná se o data ze senzoru teploty, vlhkosti a kvality vzduchu. Další parametr, který zpracovává v této fázi, je přítomnost či nepřítomnost automobilu. Z analogového výstupu senzoru procesor určí výstupní hodnotu maxima při vypnutém osvětlení a minima při zapnutém osvětlení. Z rozdílu těchto hodnot určí, zda je či není paprsek přerušen. Při přerušeném paprsku odpovídá rozdíl výstupu senzoru pouze velikosti šumu. Toto řešení je tedy velmi odolné proti rychlým změnám okolního osvětlení, protože neobsahuje žádnou konstantu maxima, na kterou by reagoval. Procesor vzorkuje senzor s frekvencí 50 Hz, jelikož laser je modulován stejnou rychlostí. Také v této části program vyčkává na potvrzení pomocí startovacího tlačítka. Při potvrzení a obsazené pozici zkontroluje prostor vrat, zda je volný a následně vrata uzavírá. Při celém procesu uzavírání neustále kontroluje, zda do prostoru vrat nevnikne překážka a není potřeba uzavírání přerušit a znova je otevřít. Při úspěšném zavření nemá model žádnou další funkci, kterou by mohl provést s automobilem uvnitř a pouze odesílá hodnoty a čeká na další zmáčknutí start tlačítka pro otevření vrat. Po otevření vrat se dostane řídicí systém opět do stavu na začátku programu a cyklus opakuje. Veškeré procesy také signalizuje pomocí semaforu na vratech. V případě chyb v průběhu procesu je také vypisuje na sériový monitor. Po celou dobu běhu programu je řízeno inteligentní větrání na základě množství plynů uvnitř modelu garážového stání a při malé koncentraci dojde k úplnému vypnutí ventilátoru.



Obrázek 5.2 – Vývojový diagram nekonečného cyklu

6 Implementace řešení do celkového modelu parkovacího domu

Pro kompletní ověření modifikovaného senzoru bylo potřeba naimplementovat senzor do modelu automatického parkovacího domu. Z modelu byl proto odstraněn původní senzor a nahrazen novým ve formě optické závory. Tento senzor je složen ze dvou samostatných komponent umístěných proti sobě, a proto bylo nutno vytvořit prostor pro jednu z částí na opačné straně a přivést k němu napájecí a signální kabely. V celkovém modelu již není potřeba podpora ovládání pomocí PLC a z těchto důvodů je shield deska s optočleny, operačními zesilovači a děliči napětí odstraněna. Z důvodů minimalizace zásahů do programu automatického parkovacího domu je využito velké části původních senzorů, a to jejich DPS pro zpracování analogového signálu ze senzoru převeden na digitální, který je následně pomocí posuvných řetězců „parallel in serial out“ (PISO) převeden na sériový signál všech senzorů. Pro senzor je tedy přidán další mikroprocesor Arduino, který se stará o modulaci paprsku světla a vyhodnocení dat z fotorezistoru. Po vyhodnocení mikroprocesor zapisuje již logickou hodnotu na signální pin původního senzoru.



Obrázek 6.1 – Implementace senzoru do modelu automatického parkovacího domu

Závěr

V rámci bakalářské práce jsem se seznámil s řešením modelu automatického parkovacího domu a popsal jeho jednotlivé části. Model automatického parkovacího domu vznikl v rámci diplomové práce na Vysoké škole Bánské – Technické univerzitě Ostrava.

Z modelu automatického parkovacího domu jsem vyhodnotil části, které pracují chybně a bylo je třeba modifikovat pro správnou a spolehlivou funkčnost celého modelu.

Na tomto základu jsem navrhl model malé části garáže. Konkrétně jsem se zabýval prostorem jednoho stání, do nějž byly implementovány veškeré změny a modifikace. Model vznikl jako částečná kopie jednoho skutečného stání a při jeho realizaci jsem vycházel z materiálů použitých na modelu automatického parkovacího domu. K realizaci bylo využito hliníku, plexiskla a spousty dalších dílů, u kterých byl k výrobě velmi hojně využíván 3D tisk z plastu.

Při zpracovávání této práce jsem otestoval hned několik přístupů k inovaci senzoru, zejména s využitím optických senzorů a zhodnotil jejich výsledky při různých podmínkách. Následně jsem vybral metodu optické závory, která nejlépe vyhovovala všem požadavkům.

Model jsem rozšířil o řadu senzorů určených pro inteligentní řízení větrání a rovněž umožňujících informativní výpis hodnot komunikací po sériové lince. Pro model byly také s pomocí 3D tisku vytvořena garážová vrata včetně osazení všech senzorů potřebných pro bezpečné zavření bez kolize.

V návaznosti na všechny použité senzory a podporu komunikace senzorů a řídicích prvků s PLC systémy jsem vytvořil DPS. Na základě zapojení schématu DPS jsem naprogramoval řídicí systém běžící na mikroprocesoru Arduino Mega 2560. Řídicí systém je naprogramován tak, aby plně využíval veškeré senzory a řídicí prvky a také umožňoval komunikaci s PLC systémem.

Po ověření funkce na malém modelu jsem řešení senzoru naimplementoval do celkového modelu automatického parkovacího domu a ověřil jeho funkci při běhu garážového domu, zda pracuje podle předpokladů a zda jej lze využít jako senzory snímající osazení pozic.

Účelem realizace modelu bylo ověření funkčnosti navrženého řešení pro úpravu modelu automatického parkovacího domu. Mnou navržené řešení se ukázalo jako funkční. Model parkovacího domu lze dále rozšiřovat hned v několika ohledech.

První využití modelu je v oblasti programování PLC a to tak, aby byla možnost pomocí něj řídit model jednoho stání. PLC systém můžeme také doplnit o ovládací panel rozhraní HMI a vytvoření vizualizace funkcí modelu. Model můžeme také rozšířit o supervizní systém řízení SCADA.

Druhé využití modelu je jej doplnit ještě o další senzory a součásti, aby v něm bylo možno řídit vnitřní klima. Navrhnout systém inteligentního domu s řízením regulace teploty a vlhkosti v modelu.

Třetí rozšíření modelu je připojení RFID čtečky s označením MF RC522. DPS obsahuje konektor pro tento typ komponentu. Toto rozšíření lze následně využít pro vytvoření databáze jednotlivých uživatelů a vypočítávat z ní jednotlivé časy parkování a další hodnoty, jako například cena parkování atd. Nabízí se také doplnit model o bezdrátovou konektivitu v podobě Bluetooth nebo Wi-Fi modulu a následně vytvořit mobilní aplikaci, která umožní vzdálený dohled nad modelem a jeho řízení.

Poděkování

Touto formou bych chtěl poděkovat především doc. Ing. Miroslavu Mahdalovi, Ph.D. za jeho trpělivost a rady při psaní mé bakalářské práce. Dále také patří mé poděkování doc. Ing. Renatě Wagnerové, Ph.D. za připomínky a užitečné rady k mé práci.

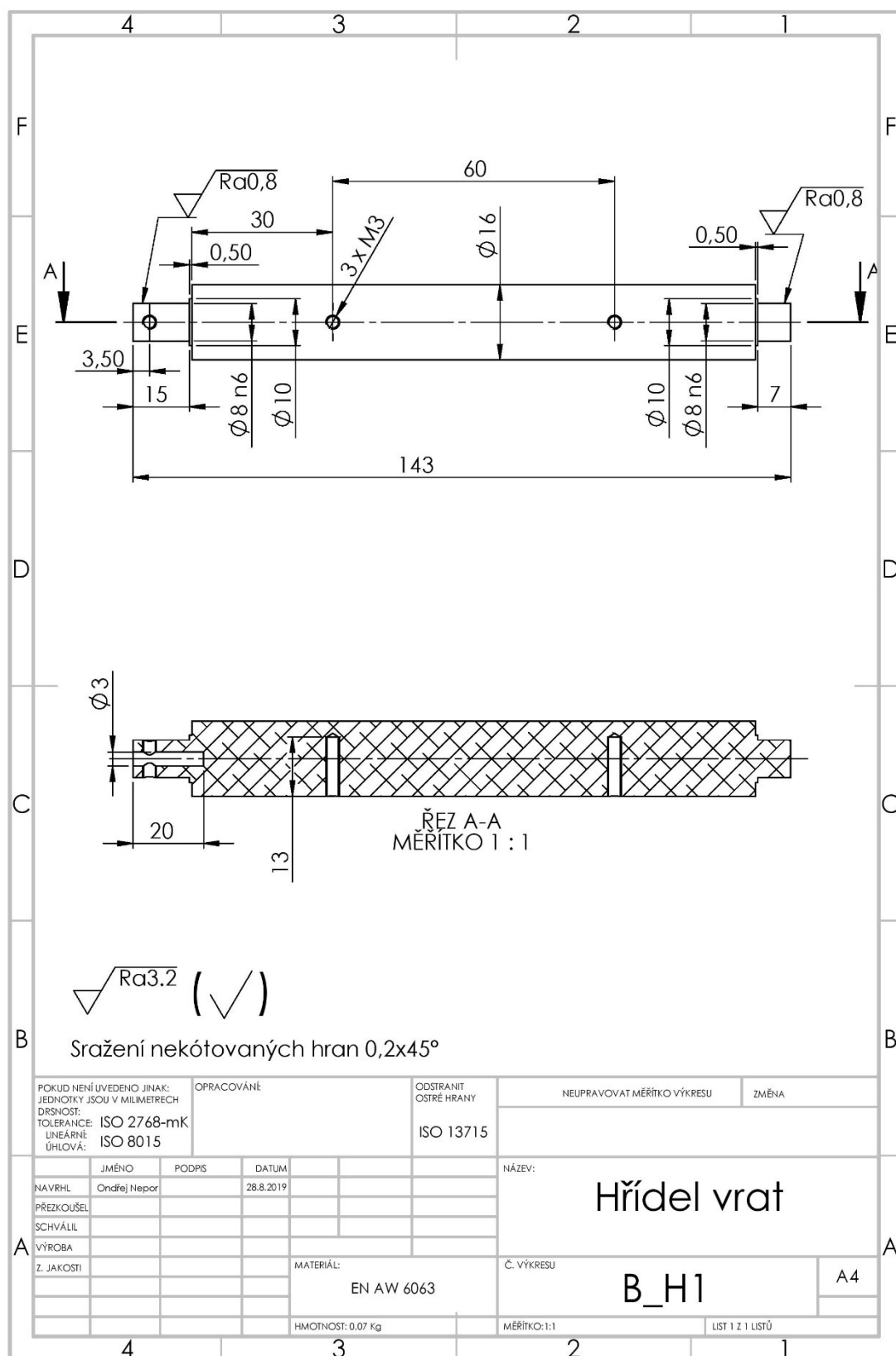
Seznam použité literatury a zdrojů

- [1.] KOMA-Industry s.r.o., KOMA Parking Automatické parkovací systémy [online]. [cit. 2021-4-16]. Dostupné z: <http://www.komaparking.cz/>.
- [2.] RUTTKAY, Václav. *Nezávislý automatický parkovací systém* [online]. Ostrava, 2015 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/109517>. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Učeň, Oldřich.
- [3.] GURÁŠ, Radek. *Model automatického parkovacího domu a jeho řízení* [online]. Ostrava, 2018 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://dspace.vsb.cz/handle/10084/130302>. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Mahdal, Miroslav.
- [4.] HABEL, Jiří. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public, 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [5.] *SIEMENS Ingenuity for life* [online]. [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/>
- [6.] *GM Elektronik* [online]. [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/>
- [7.] ZDAŘIL, Tomáš. *PŘIJÍMAČ DÁLKOVÉHO OVLÁDÁNÍ* [online]. Brno, 2009 [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=18562. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce prof. Dr. Ing. Zdeněk Kolka.
- [8.] Inteligentní dům. *Elektrobock cz* [online]. [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://www.elektrobock.cz/intelligentni-dum/t2034>
- [9.] Arduino-robot-pozarnik. *Elektroraj* [online]. [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: elektroraj/2018/04/06/arduino-robot-pozarnik/
- [10.] STMicroelectronics, L298: Dual Full Bridge Driver [online]. [cit. 2020-04-17]. Dostupné z <http://www.st.com/en/motor-drivers/l298.html>.
- [11.] *Arduino* [online]. [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/>

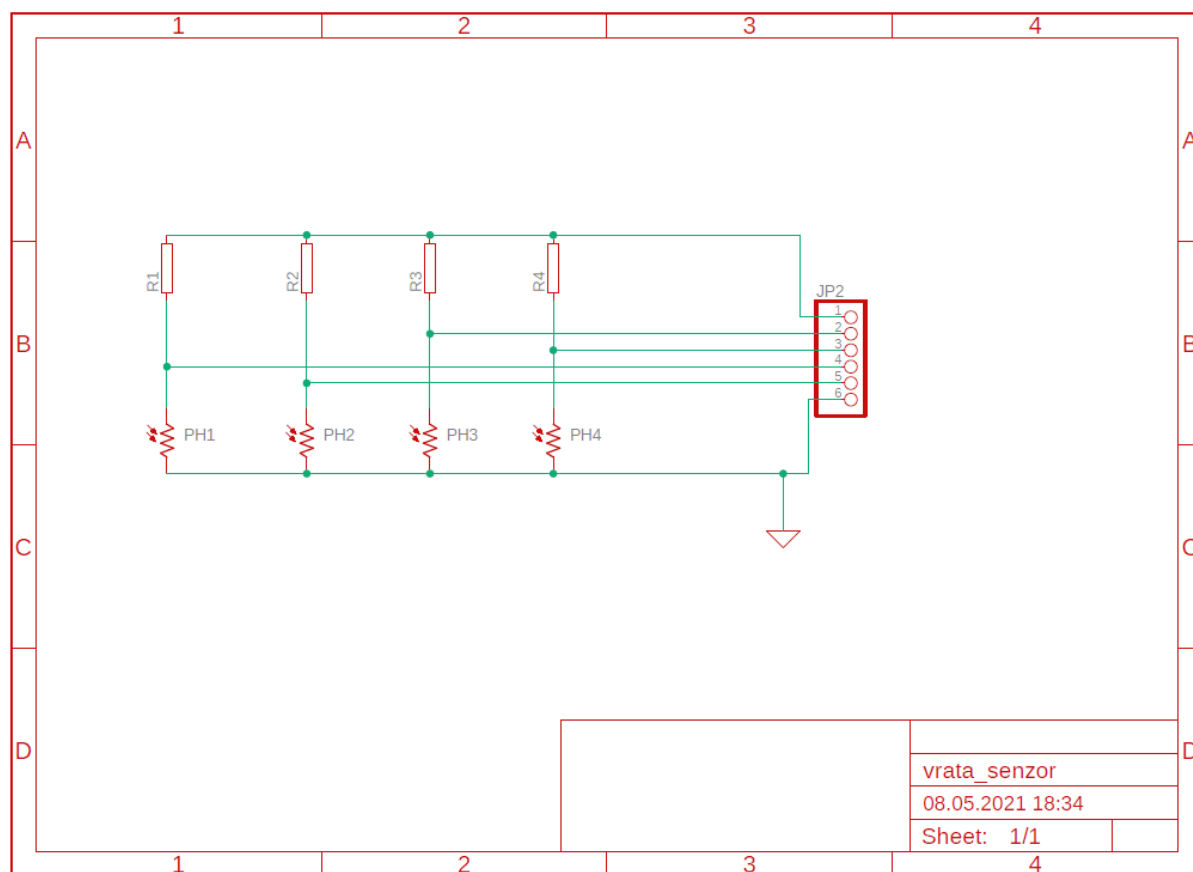
Seznam příloh

- A Výkres hřídele vrat
- B Schéma zapojení fotorezistorů na vratech modelu
- C Deska plošného spoje fotorezistorů na vratech modelu
- D Hlavní deska plošného spoje s připojeními PLC
- E Rozložení pinů pro připojení PLC – D-Sub konektor č.1
- F Rozložení pinů pro připojení PLC – D-Sub konektor č.2
- G Seznam chyb

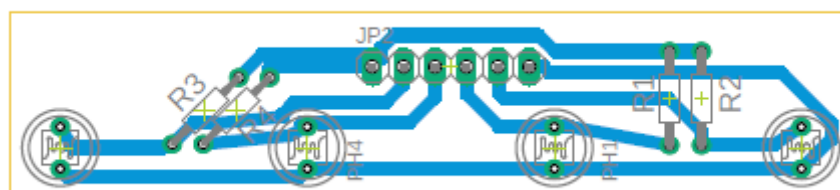
A Výkres hřídele vrat



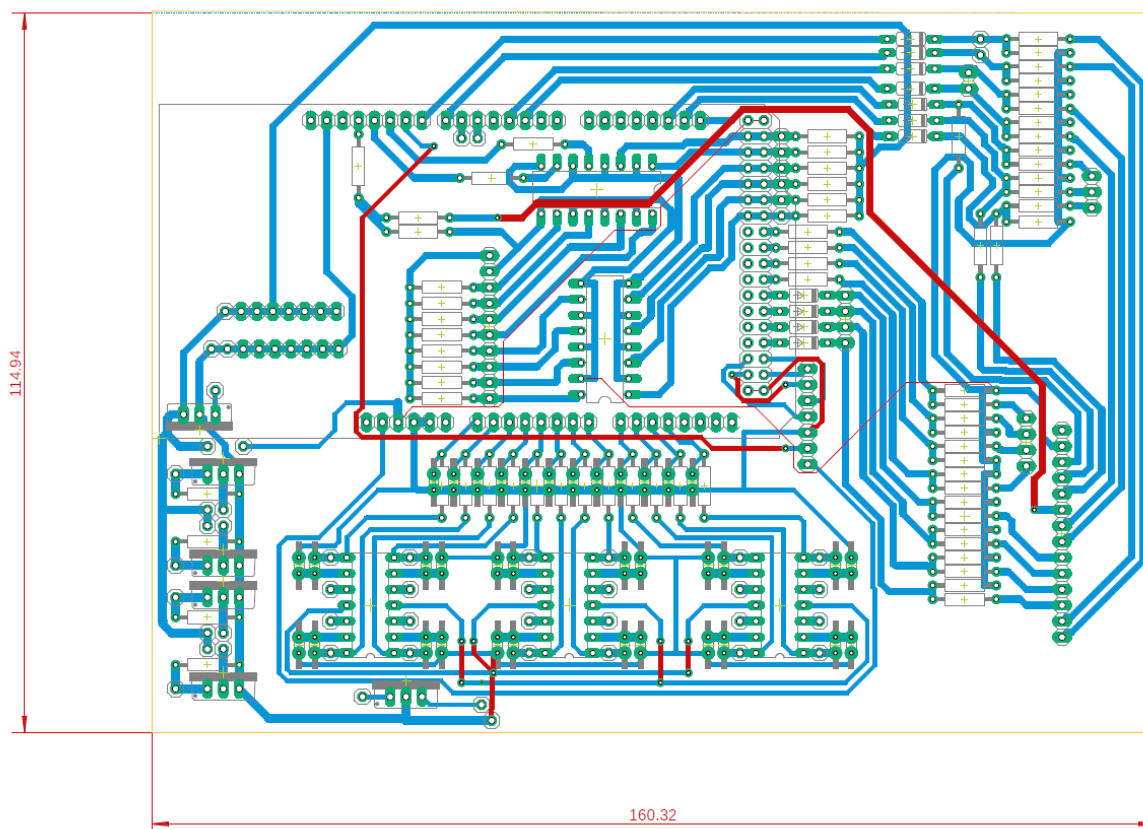
B Schéma zapojení fotorezistorů na vratech modelu



C Deska plošného spoje fotorezistorů na vratech modelu



D Hlavní deska plošného spoje s připojeními PLC



E Rozložení pinů pro připojení PLC – D-Sub konektor č. 1

Pin	Signál	Číslo pinu PLC	Číslo pinu Arduino	Prvek
1	+24 V			
2	+24 V			
3	+24 V			
4	DI	%I16.0	23	Enkodér pin 1
5	DI	%I16.1	25	Enkodér pin 2
6	DI	%I16.2	27	Hallův senzor vrat otevřeno
7	DI	%I16.3	29	Hallův senzor vrat zavřeno
8	DI	%I16.4	33	Start tlačítko
9	DI	%I16.5	10	Výstup teploty PWM signál
10	DI	%I16.6	11	Výstup vlhkosti PMW signál
11	DI	%I16.7		Nezapojeno
12	DI	%I17.0		Nezapojeno
13	DQ	%Q16.0	2	Rychlost pohonu vrat – PWM signál
14	DQ	%Q16.1	3	Rychlost pohonu ventilátoru – PWM signál
15	DQ	%Q16.2	7	Laser prostor vrat
16	DQ	%Q16.3	8	Laser prostor garáže
17	DQ	%Q16.4	19	Signalizační semafor – zelená
18	DQ	%Q16.5	20	Signalizační semafor – oranžová
19	DQ	%Q16.6	21	Signalizační semafor – červená
20	DQ	%Q16.7	43	Motor ventilátor pin1
21	DQ	%Q17.0	45	Motor ventilátor pin 2
22	AI	%IW0	A0	Senzor plynů MQ-135
23	AI	%IW2	A1	Senzor přítomnosti automobilu
24	AI	%IW4	A4	Senzor ve vratech č.1
25	AI	%IW6	A5	Senzor ve vratech č.2
26	AI	%IW8	A6	Senzor ve vratech č.3
27	AI	%IW10	A7	Senzor ve vratech č.4
28	AI	%IW12	A8	Senzor ve vratech č.5
29	AI	%IW14	A9	Senzor ve vratech č.6
30	AQ	%QW0		Nezapojeno
31	AQ	%QW2		Nezapojeno
32	AQ	%QW4		Nezapojeno
33	AQ	%QW6		Nezapojeno
34	GND			
35	GND			
36	GND			
37	GND			

F Rozložení pinů pro připojení PLC – D-Sub konektor č. 2

Pin	Signál	Číslo pinu PLC	Číslo pinu Arduino	Prvek
1	+24 V			
2	+24 V			
3	DI	%I17.1		Nezapojeno
4	DI	%I17.2		Nezapojeno
5	DI	%I17.3		Nezapojeno
6	DI	%I17.4		Nezapojeno
7	DI	%I17.5		Nezapojeno
8	DI	%I17.6		Nezapojeno
9	DI	%I17.7		Nezapojeno
10	DI	%I18.0		Nezapojeno
11	DI	%I18.1		Nezapojeno
12	DI	%I18.2		Nezapojeno
13	DI	%I18.3		Nezapojeno
14	DI	%I18.4		Nezapojeno
15	DI	%I18.5		Nezapojeno
16	DI	%I18.6		Nezapojeno
17	DI	%I18.8		Nezapojeno
18	DI	%I19.0		Nezapojeno
19	DI	%I19.1		Nezapojeno
20	DQ	%Q9.1	47	Motor vrat pin 1
21	DQ	%Q9.2	49	Motor vrat pin 2
22	DQ	%Q9.3	35	Číslo led na module NeoPixel
23	DQ	%Q9.4	37	Nastavení barvy červené
24	DQ	%Q9.5	39	Nastavení barvy zelené
25	DQ	%Q9.6	41	Nastavení barvy modré
26	DQ	%Q9.7	12	Signalizace připojení PLC
27	DQ	%Q10.0		Nezapojeno
28	DQ	%Q10.1		Nezapojeno
29	DQ	%Q10.2		Nezapojeno
30	DQ	%Q10.3		Nezapojeno
31	DQ	%Q10.4		Nezapojeno
32	DQ	%Q10.5		Nezapojeno
33	DQ	%Q10.6		Nezapojeno
34	DQ	%Q10.7		Nezapojeno
35	DQ	%Q11.0		Nezapojeno
36	GND			
37	GND			

G Seznam chyb

Číslo chyby	Hlášení	Možné příčiny chyby
CH_1	Chyba DHT_11	Chyba komunikace se senzorem DHT_11 – nefunkční senzor
CH_2	Chyba MQ_135	Výstupní hodnoty mimo standartní rozsah – nefunkční senzor
CH_3	Chyba senzoru hall_open	Hallova sonda nezaznamenala vrata – nefungující senzor
CH_4	Odstraň auto z garáže a potvrď tlačítkem start	– V prostoru garáže je automobil
CH_5	Chyba senzoru G	Nezaznamenání paprsku laseru v garáži – Nefunkční laser – Nefunkční fotorezistor – Potvrzení výzvy obsluhy bez příslušného kroku
CH_6	Odstraň auto z vrat a potvrď tlačítkem start	– V prostoru vrat je automobil
CH_7.1	Chyba senzoru V číslo: 1	Nezaznamenání paprsku laseru ve vratech – Nefunkční laser – Nefunkční fotorezistor – Potvrzení výzvy obsluhy bez příslušného kroku
CH_7.2	Chyba senzoru V číslo: 2	
CH_7.3	Chyba senzoru V číslo: 3	
CH_7.4	Chyba senzoru V číslo: 4	
CH_7.5	Chyba senzoru V číslo: 5	
CH_7.6	Chyba senzoru V číslo: 6	
CH_7.7	Chyba senzoru V číslo: 7	
CH_7.8	Chyba senzoru V číslo: 8	
CH_8	Chyba senzoru hall_close	Hallova sonda nezaznamenala vrata – nefungující senzor